

# 冷軋型鋼構造建築物結構設計規範與解說修正研擬

## The Study of Amending for the Specification and Commentary of Structural Design of Cold-Formed Steel Building

主管單位：內政部建築研究所

林建宏<sup>1</sup>      潘吉齡<sup>2</sup>      李台光<sup>1</sup>      林新華<sup>3</sup>      單明陽<sup>4</sup>  
Lin, Jian-Hong    Pan, Chi-Ling    Lee, Tai-Kuang    Lin, Shin-Hua    Shan, Ming-Yang

<sup>1</sup>內政部建築研究所

<sup>2</sup>朝陽科技大學營建工程系

<sup>3</sup>明新科技大學土木工程與環境資源管理系

<sup>4</sup>正修科技大學土木與工程資訊系

### 摘要

冷軋型鋼由於質量輕、強度大、加工容易等優點，已成為廣泛使用之工程材料，目前世界各國皆發展以鋼材為建築物的基本原料，使用具環保且可回收的鋼材做為建築材料，是台灣在建築發展的一個重要趨勢，因此制定國內本土的冷軋型鋼構造相關規範乃勢在必行，如此國內製造、設計與營造業者才能有所依循；也因如此，內政部建築研究所於 89 年度即著手研擬冷軋型鋼構造設計規範與解說(審議通過後名稱：冷軋型鋼構造建築物結構設計規範與解說)，國內建築技術規則的冷軋型鋼構造專章已於 92 年完成審議，並於 93 年 1 月 16 日公布 7 月 1 日實施。規範編撰至今業已有十多年了，隨著時代的向前行，相信規範不斷的更新與修正是一項必須進行的一項工作。

89 年度研擬冷軋型鋼構造建築物結構設計規範與解說時，僅呈現載重與強度係數設計法，未能將容許應力法納入考量，因此，本次修正冷軋型鋼構造建築物結構設計規範時，參造美國鋼鐵協會在編修最新規範的作法，將國內冷軋型鋼鋼造建築物結構設計規範，除了修正原有的載重與強度係數設計法的相關內容外，並加入容許強度法設計法於規範內。另外，也將用以計算結構構材的直接強度法置於規範的附錄內，以提供設計者在計算構材強度時的另一種選擇。

**關鍵詞：**冷軋型鋼、結構設計、設計規範

### Abstract

Because of lightness, high strength, easy to production characteristics, the cold-formed steel has been widely used as the engineering materials. In addition, the steel is kind of recyclable and environmental material, using cold-formed steel member as the construction material is an important trend in the developing of building construction in Taiwan. Therefore, it is necessary to systematically establish relative information

document of cold-formed steel in order to promote the light-weight steel building. In the beginning of 1990, Architecture & Building Research Institute started to draft the design specification for the cold-formed steel using in the structural design of building. A special chapter related to cold-formed steel structures in Taiwan's Building Code and Regulations was accomplished in year of 2003 and was announced in Jan. 16<sup>th</sup>, 2004. A routine and regulative work for amending the existing specification is sort of important mission. Therefore, the purpose of this project is focused on amending the design specification in order to provide the state of art information.

Excluding the allowable stress design, the lateral resistance and factor load design was the only design method adopted in the first version of the design specification for the cold-formed steel using in the structural design of building. Therefore, following the same modification of the recent design specification published from American Iron and Steel Institute which includes lateral resistance and factor load design as well as allowable strength design, the allowable strength design is considered to be added in the amending of design specification. In addition, a new design method, Design of Cold-Formed Steel Structural Members Using Direct Strength Method, is also included.

**Keywords : cold-formed steel, structural design, design specification**

## 一、前言

針對市場的需求，冷軋型鋼(Cold-Formed Steel)逐漸地出現在鋼結構設計之中，例如橋樑、樓版、外牆、廠房、屋頂、停機棚與電力輸送塔等(Yu, 2000)。冷軋型鋼構件乃由碳鋼或低合金鋼板(carbon or low alloy steel sheet, strip, plate or flat bar)經由軋軋(cold roll forming, press brake or bending brake operation)製造而成。而其本身之厚度通常介於0.0149 in (0.378mm)至0.25 in (6.35mm)之間。由於冷軋型鋼之厚度薄，在其重量極輕之下，仍然可提供足夠的承載能力，也因此冷軋型鋼的發展亦顯的極其重要，遠自西元1850年起，美國與英國開始使用冷軋型鋼構件於房屋建築用途上。

與其他建築材料如木材和混凝土比較之下，冷軋型鋼構材能提供下列之優點：(1)重量輕；(2)高強度與高勁度；(3)製造便捷與可大量製造；(4)裝設快速與簡易；(5)方便運輸與處理；(6)施工上不受氣候之影響；(7)可準確地細部規劃與施工；(8)在惡劣的溫度下不會收縮與潛變；(9)無需假設工程；(10)不易腐壞及防蟲害；(11)品質劃一；(12)不可燃性 [1]。在一般建築中，冷軋型鋼構件可被使用成為主要與次要建築體之結構。但在高層建築中，主要之結構架構仍以熱軋鋼構件(hot-rolled structural steel)為主，而冷軋型鋼構件使用之範圍則可大致為樓層版與屋頂版，牆板、輸送管、帷幕牆之支撐架，和天花板之固定支撐等。

目前國際間發展及從事研究冷軋型鋼的國家為數相當多，如美國、日本、澳洲、英國、歐洲大陸、加拿大、南非與中國大陸等國家，皆有制訂相關的冷軋型鋼規範。國內十多年前應用冷軋型鋼於建築物的情況即已相當普遍，冷軋型鋼構件使用的範圍也相當廣泛，如樓版、帷幕牆之支撐系統、建築物內之輕隔間、工廠、餐廳、一般住宅(別墅)的構建，尤其 921 地震與 88 風災後，政府為災民規劃中、長期性的生活長期方案，如興建臨時房屋、簡易教室、永久安置屋等；而諸如此類的輕鋼構建築，絕大多數係以冷軋型鋼材料組合而成，方便、迅速且質量輕，地震發生時所造成之加速度比 RC 構造小的多，是較有具有安全感的建築物。

由於環保的考量，木材、砂石等材料的短缺，美國、澳洲與日本等國發展之標準化的低層冷型鋼建築設計與施工已廣泛地使用在工、商業界及一般住宅上。以美國為例，在1992年推動初期，僅有500棟此類建築興建，在1998年一年間已有12萬棟住宅使用輕鋼構建築，約佔當年住宅建築的10%，在2000年其輕鋼構住宅達一年20萬戶的規模(約佔當年住宅建築的20%)。由於加州與佛羅里達州的氣候則顯得潮濕，而加州則為地震頻繁區域，佛羅里達州則有相當的颶風發生，也因此，美國使用輕鋼構住宅有相當大的比例集中在加州與佛羅里達州，在2004年南佛羅里達州以輕鋼構形式新建的住宅已達47%。而日本更是在短短的幾年間，在鋼鐵製造業共同的努力下結盟成立協會(鋼材俱樂部)，不但進行生產、製造及推廣，同時亦進行研究發展工作，讓所謂的鋼屋(steel house)市場在日本蓬勃發展，2001年間日本已有超過6000戶的興建，2002年已有3萬戶的規模。而輕鋼構住宅在澳洲方面，其市場在2004年佔有率約為25%，每年皆有明顯的成長。

早在1946年美國業已了解冷軋型鋼的重要性與廣泛性，並制定了第一本設計標

準，經過多年的研究與改進，在美國鋼鐵協會(American Iron and Steel Institute, AISI)的主導下，目前的“冷軋型鋼構件設計規範—North American Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members [2]涵蓋的範圍相當的廣泛。同樣身處地震頻繁的日本亦早有冷型鋼設計相關規範-Recommendations for the Design and Fabrication of Light Weight steel structures [3]。其他國家如澳洲、加拿大、芬蘭、法國、德國、印度、中國大陸、南非、瑞典、英國、蘇俄、奧地利、紐西蘭等國目前皆有對於冷軋型鋼設計之相關規範與標準。在目前國內使用冷軋型鋼構件建築日漸普遍的情況下，雖然國內已制訂了「冷軋型鋼構造建築物結構設計規範與解說」，但在89年度研擬此規範時，乃以美國鋼鐵協會所編訂的1996年版「冷軋型鋼構材設計規範 (Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members) [4]」為參考依據，事值今日業已有十多年了，隨著時代的向前行，修訂國內的冷軋型鋼構造設計規範是一項持續的工作，也是本研究的主要目的。

## 二、計畫重要性

台灣地區地狹人稠，高層及高密度之集合住宅在近都會地區儼然成為建設居住住宅之主流，集合住宅不但可減輕土地成本，其安全的管理乃是另一項為民眾所期望的重要因素。但反觀自921集集大地震發生之後，一般民眾對於住宅的選擇又改向低層數的房屋。不論是往高樓或低層建築方向發展，近年來國內營造業面對生存環境的改變與轉型，已是不爭之事實。由於勞動人口的減少、工資的高漲、工地安全與環保的重視、建材防火性的要求、建材輕量化的趨勢與工程品質的提昇，在在顯示出營建業轉型的需求性。傳統厚重的建材與需要眾多勞力的施工方式已逐漸式微，取而代之是高品質、輕量化的營建材料，以及短工期與低勞動量的施工方法。

台灣在輕鋼構建築推展之初期，一般相關業界對於輕鋼構建築大多不予以重視，印象中認定此類鋼結構僅侷限於小型工廠、倉庫、增建物或假設工程設施等簡易工程。因此，一般設計人員可能誤用熱軋鋼結構規範。同時，施工人員對冷軋型鋼相關知識的匱乏，導致業界對冷軋型鋼結構應用於建築上的不確定性。另外，對於一般使用冷軋型鋼構件的單層或雙層建築物中，常被使用單位申請為臨時建築或丙種建築，各地建營單位在認定無危害的情形下草率過關；就算建營單位要求結構計算書，建築師事務所或工程顧問公司也僅能以國外之規範為標準提出審核。但在現今國內冷軋型鋼相關規範逐步建立的情形下，已有業者使用以冷軋型鋼構造為主的建築物出現。雖然目前已有不少營造業者嘗試推動以冷軋型構造為主的低層住宅，但皆因沒有相關的設計資料與數據來支撐這類建築的結構計算基礎，因此常以申請建照較為簡單的農舍為興建的對象，圖1則為建築實例。

另外由於國內缺乏輕型鋼構建築的結構計算技術，國內部分廠商直接與發展輕型鋼構建築多年的日本建築業合作，圖2則為此類建築的工程實例，但在建材價格上與know how的技術上等因素上，讓輕鋼構建築的成本比傳統鋼筋混凝土建築高出許多，也因此在市場上的競爭性相對不足。既使冷軋型鋼構造住宅在台灣建築市場上一直無法大量的推廣，但考量此類建築物的種種優點，國內仍有不少的業者很努

力在推動輕鋼構住宅，期許政府與一般民眾在注重「環保與安全」的觀念上，能慢慢的接受冷軋型鋼構造的建築型態。圖3為88風災後，由政府與民間共同的力量，在南部所興建的輕型鋼構住宅(永久安置屋)。

目前國內的「鋼構造建築物鋼結構設計技術規範」一直持續的進行修正與調整，相信同樣為鋼結構領域的「冷軋型鋼構造建築物結構設計規範與解說」，亦應隨著時代的腳步而有所編修，如此才能與實務界接軌。



圖 1 輕鋼構建築(農舍)



圖 2 輕鋼構建築(一般住宅)



圖 3 輕鋼構建築(永久安置屋)

### 三、研究方法與步驟

目前國內的「冷軋型鋼造建築物結構設計規範與解說」[5]乃於民國89年度研擬，於92年度完成國內建築技術規則冷軋型鋼構造專章完成審議，並於93年公佈施行，從研擬至今業已經過12年了，隨著經濟的發展與科技的進步，適時的修正規範是必須進行的一項工作，因此本計畫主要目的在於修訂適合現今的冷軋型鋼造建築物結構設計規範與解說。另外國內「鋼構造建築物鋼結構設計技術規範」[6]的設計上分為二部份：一為鋼結構容許應力設計法規範及解說；另一為鋼結構極限設計法規範及解說。89年度研擬冷軋型鋼造建築物結構設計規範與解說時，僅呈現極限強度設

計法，未能將容許應力法納入考量，因此，本次修正冷軋型鋼造建築物結構設計規範時，可參造美國鋼構造協會AISC與美國鋼鐵協會AISI在編修最新規範的作法，將國內冷軋型鋼的鋼造建築物結構設計規範，除了修正原有極限強度設計法的相關內容外，並加入容許應力法設計法於規範內。

## 2.1 研究採用之方法

在分析結構物強度時，影響結構安全的因素甚多，較主要者為材料強度及載重預估，而容許應力設計法(Allowable Stress Design - ASD)常以折減材料強度或組合載重做為設計之安全考量，對結構安全的掌握或許並不是最佳的方法，但往往是工程師普遍使用的設計法。近年來設計方法逐漸傾向採取以可靠度分析為基礎之極限設計法(一般稱為Limit State Design or Load Resistant Factor Design)，此法以機率模式，將材料強度之變異性與載重之變異性當做決定強度折減係數與載重係數的依據，使結構物整體的安全性，較能達致一致之水準。目前國內之「鋼構造建築物鋼結構設計技術規範」分為二部份：一為鋼結構容許應力設計法規範及解說；另一為鋼結構極限設計法規範及解說。89年度研擬冷軋型鋼造建築物結構設計規範時，僅呈現極限強度設計法，未能將容許應力法納入考量，因此，本次修正冷軋型鋼造建築物結構設計規範時，可參造美國鋼構造協會AISC與美國鋼鐵協會AISI在編修最新規範的作法，將容許應力法與極限強度法在構材的設計計算上，朝向整合一致化的方式呈現，因此，本次修正冷軋型鋼造建築物結構設計規範時，將容許應力法直接納入於規範內，如此較能符合業界與時代所需。

規範在研擬之初乃以美國的冷軋型鋼構材設計規範(Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members)為參考藍本，本次修正亦考慮以最新的北美設計規範(North American Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members)為依據，如此較能與先前的國內規範版本接軌並呈現其連慣性。另外考量國內有部分業者在輕型鋼構建築上，引用日本之技術與施工方法，因此當初在設計規範擬訂時，將“日本薄板輕量型鋼構造設計準則”納入規範並置入附錄三內。

由於先前在研擬冷軋型鋼造建築物結構設計規範與解說時，乃參考美國鋼鐵協會AISI所制訂的冷軋型鋼構材設計規範，現今該規範在這十年進行大幅度的修正外，亦已整合加拿大與墨西哥兩國的規範，成為「北美冷軋型鋼構材設計規範」。由於相當的學者專家在這些年，在冷軋型鋼相關領域的鑽研，因此在比較新舊規範的差異性時，發現有相當比例的修正，如在有效斷面的肢材計算上，進行了大幅度的改變，如構件設計計算上，考慮扭曲挫屈(Distorsional Buckling)對於撓曲構材與受壓構材的影響，如在樓板、屋頂或牆面等鋼隔板構造的強度計算上，將強度折減因子與安全因子做了全面的修正；另外，也將這些年在學界研究的成果，如利用直接強度法設計冷軋型鋼構材(Design of Cold-Formed Steel Structural Members Using Direct Strength Method)置於附錄內，以提供設計者在計算構材強度時的另一種選擇。

## 2.2 研究步驟

為確保施工之品質與建築使用之安全，本計畫除了針對構材設計做相關規定之

研究探討外，冷軋型鋼構造建築物結構設計規範與解說的修正版本，亦考慮參考國內「鋼構造建築物鋼結構設計技術規範」之編排方式，對於製造、安裝與品管之類似章節亦需加以調整修正。而本計畫的具體實施，可依下列三個階段進行：

#### 1. 相關資料之收集、整理

- (1) 美國與澳洲冷軋型鋼構材設計規範之相關參考資料。
- (2) 國內、外冷軋型鋼相關研究之文獻資料與技術報告。
- (3) 國內鋼構造建築物鋼結構設計與施工相關規範。
- (4) 網路相關研究資源。

#### 2. 資料歸納、整理與問題探討

- (1) 探討澳洲冷軋型鋼構材設計規範參考美國規範之依據方法。
- (2) 界定國內冷軋型鋼規範與美國冷軋型鋼構件規範之差異性。
- (3) 研究國內冷軋型鋼規範與國內熱軋型鋼設計規範之互通性。
- (4) 針對所擬規範草案，請業界專家學者座談，提出修訂意見，俾使規範符合業界之需求。

#### 3. 修正冷軋型鋼構造建築物結構設計規範及解說。

### 三、規範修正比較與說明

在分析結構物強度時，影響結構安全的因素甚多，較主要者為材料強度及載重預估，而容許應力設計法(ASD)常以折減材料強度或放大載重作為設計之安全係數，對結構安全的掌握或許並不是最佳的方法，但往往是工程師普遍使用的設計法。近年來設計方法逐漸傾向採取以可靠度分析為基礎之極限設計法(一般稱為Limit State Design or Load Resistant Factor Design)，此法以機率模式，將材料強度之變異性與載重之變異性當做決定強度折減係數與載重係數的依據，使結構物整體的安全性，較能達致一致之水準。目前國內之「鋼構造建築物鋼結構設計技術規範」分為二部份：一為鋼結構容許應力設計法規範及解說；另一為鋼結構極限設計法規範及解說。89年度研擬冷軋型鋼造建築物結構設計規範時，僅呈現極限強度設計法，未能將容許應力法納入考量，因此，本次修正冷軋型鋼造建築物結構設計規範時，參造美國美國鋼構造協會AISC在2005年編撰的鋼結構建築規範Specification for Steel Structural Buildings [7]與美國鋼鐵協會AISI在2007年的冷軋型鋼構材設計規範(North American Specification for Cold-Formed Steel Structural Members)的作法，將容許強度法與極限強度法在構材的設計計算上，朝向整合一致化的方式呈現，因此，本次修正冷軋型鋼造建築物結構設計規範時，將容許強度法直接納入於規範內，如此較能符合業界與時代所需。

#### 3.1 第一章 通則

在民國 90 年編列之初，考量世界在鋼結構設計法上已漸漸趨向以載重與強度係數設計法(Load Resistance and Factored Design)為主軸，此種設計法類似鋼筋混凝土的極限強度設計法(Limit State Design)，主要是以統計的方法並以強度(Strength)設計為基礎而發展出來的設計法，與業界使用已久的容許應力法(Allowable Stress Design)

相比較，載重與強度係數設計法以機率理論設計，使結構的安全性較能達到一致之水準，也較為經濟與安全，也因此擬定本規範時則以此法為依歸，而未考慮將容許應力法納入。惟經過多年後的今日，原本認為會漸漸失去其市場的容許應力法，並沒有如原來想像的被淘汰，反而將原有的設計基礎由應力轉型為強度，名稱也更名為容許強度法(Allowable Strength Design)，如此將可以與載重與強度係數設計法在結構構材的計算上採用相同的公式，對於原來容許應力法的使用者的設計習慣由應力設計轉變為強度設計，也對於規範在編撰上將較為簡易清晰。本次規範修訂也將容許強度法一併考量修正，因此在本章第 1.3 節設計準則以予納入說明。

### 3.2 第二章 載重

本次在第二章『載重』的修正依據主要為美國鋼鐵協會所編定之「北美冷軋型鋼構材設計規範」(North American Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members)，並參考美國土木工程師學會所制定之「建築與其他結構最小設計載重」(Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures) [7]。除了原有的載重與強度係數設計法的載重係數與載重組合加以修正外，亦另加一節以規範容許強度法的載重組合。原本在第 2.2 節解說部分所提的“強度折減因子(strength reduction factor)”，以予移除並納入第一章第 1.3.2 節中加以說明。另第 2.3 節『其他載重』以予刪除，並在第 2.2 節的解說中加以說明。

### 3.3 第三章 材料

為因應市場需求並於國外同步，將原規定的抗拉強度與降伏應力比不能低於 1.13 的限制改為 1.08，另外也提出國外可運用於冷軋型鋼結構上的材料修正。

### 3.4 第四章 肢材設計

在第 4.3.1 節均布受壓之加勁肢材的有效寬度公式的修正上，將原有隱藏在細長因子( $\lambda$ )裡的彈性挫屈應力( $F_{cr}$ )，明顯的呈現在計算公式上。在第 4.3.2 節上的修正，將原有僅針對「均布受壓具有圓孔之加勁肢材」的設計要求，擴大加入“具有非圓孔之加勁肢材”的相關規定。在第 4.3.3 節「腹板及具應力坡度之加勁肢材」方面，原先用於計算腹板有效寬度的公式，對於腹板全寬( $h_o$ )與翼板全寬( $b_o$ )比值超過 4.0 時，會產生不保守的現象，因此，對於  $h_o / b_o \leq 4$  情形下的計算公式仍加以保留，新增對於  $h_o / b_o > 4$  情形下的計算公式。另外，對於原來規範未能含括“具應力坡度之 C 型斷面開孔腹板”的部分，新增一節(第 4.3.3 節)以予相關規定。研究結果發現原第 4.4.2 節「具應力坡度之未加勁肢材及邊緣加勁材」，對於挫屈係數  $k$  值使用 0.43，用以計算具應力坡度的未加勁肢材似乎是有些保守，因此對於具應力坡度未加勁肢材的有效寬度計算提出修正。

原第 4.5 節的標題為「具中間加勁材或邊緣加勁材之肢材有效寬度」，此次修正將“中間加勁材”與“邊緣加勁材”以予分節處理，將具中間加勁材之肢材的有效寬度規定移至第 4.6 節，而新修正的第 4.5 節「具邊緣加勁材之均佈受壓肢材的有效寬度」中所適用的相關計算，僅針對邊緣加勁材為簡單突唇者，其因乃是先前版本的計算方式，似乎在較複雜的邊緣加勁材的斷面上有不保守的問題存在。在新修正的第 4.6



節部分，原規範“具單個中間加勁材之均布受壓肢材”和“多個中間加勁材之加勁肢材”的相關規定，主要以先前的研究結果發展研擬。透過後續的相關研究，本次將具單個中間加勁材或多個中間加勁材均佈受壓肢材的有效寬度計算，以予整合處理。另外，有別於前一版僅考量局部挫屈的影響，新修正的具中間加勁材之均佈受壓加勁肢材的板挫屈係數，取決於兩類的挫屈行為：(1)局部挫屈—中間加勁材在變形中維持一樣的位置；(2)扭曲挫屈—中間加勁材隨著板挫屈的曲線移動。原第 4.6 節“加勁材”的部分，考量其作用乃屬撓曲構材的範疇，移至第六章以予修正說明。

### 3.5 第五章 受拉構材

受拉構材的受拉強度原規定以淨斷面( $A_n$ )的降伏計算之，在本次修正上，將承受軸向拉力載重的標稱受拉強度的計算與「鋼結構極限設計法規範與解說」內容所呈現的計算法一致，也就是受拉強度應取在全斷面的降伏強度或在淨斷面之斷裂強度兩者之較低者。載重與強度係數設計法上的強度折減因子 ( $\phi$ ) 與容許強度法上的安全因子 ( $\Omega$ )，分別與本國鋼結構極限設計法規範與解說和鋼結構容許應力法規範與解說相同，也與美國鋼構造協會的鋼結構建築規範的值相同。

### 3.6 第六章 撓曲構材

依非彈性保留容量計算標稱撓曲強度時，對於構材具未加勁受壓肢材的  $C_y$  值提供新的計算公式。對於側向挫屈強度的要求，在本章分別給予不同的設計規定：(1)具開放斷面構材的側向-扭轉挫屈強度；及(2)具中空方管構材的側向-扭轉挫屈強度。本章增加了對於具開放斷面構材可能發生扭曲挫屈不穩定的破壞行為，並提供不同的設計公式給予不同斷面型式的要求。

剪力強度的規定修正分別給予不同的設計考量：(1)腹板不具有開孔，及(2)C-型斷面腹板具開孔。腹板皺曲強度的設計考量於本章節中作大幅度的修改，包括使用單一腹板皺曲強度設計公式，配合表列之不同斷面型式所提供的設計係數，並依據不同的載重條件決定各項係數。另外，對於 C-型斷面腹板具開孔時也增加了這個設計規定。本章也增加對於無側向支撐的撓曲構材承受彎曲-扭轉載重(Combined Bending and Torsional Loading)時的設計規定要求。

對於原章節考慮翼板以貫穿式接合於鋼承板或外覆板之梁及翼板連接屋頂系統摺板之梁，將此章節更動移至第十章組合構材中。

### 3.7 第七章 軸心載重受壓構材

本章的修改及增加的內容主要是對於軸心載重受壓之構材，其軸壓強度除了依據原設計規定外(即考慮降伏、撓曲、撓曲-扭轉、及扭轉挫屈之標稱強度)，另外增加對於 I 型、Z 型、C 型、帽型或其他開放型斷面的扭曲挫屈強度的設計要求。第 7.5 節—翼板連接鋼承板或外覆板之受壓構材移至第十章組合構材中。

### 3.8 第八章 承受軸力及彎矩之構材

對於承受軸力及彎矩之構材，本章提供依據容許強度設計法(ASD)及載重與強度係數設計法(LRFD)之後設計規定，當構材承受軸向拉力與撓曲交互作用時，其標

稱拉力強度應依規範第五章之規定計算；在構材承受軸向壓力與撓曲交互作用時，其標稱壓力強度應依規範第七章之規定計算。而構材之標稱撓曲強度則依第六章相關之規定計算。

### 3.9 第九章 中空圓管構材

在第 9.2 節中影響空圓管標稱撓曲強度之因子(D/t)修正；在第 9.3 節修正有效中空圓管之斷面積。

### 3.10 第十章 組合構材

原先版本在第 10.4 節僅規範了牆體隔間柱(立柱)與其組合，在考量外覆材支撐的計算上似乎過於保守，因此本次在本節的修正上，移除了原有的內容，而採用與 AISI 規範同步的方式編列，除了考量有 AISI 具有大量的研究數據為基礎外，另外亦增加了其他構材，如框梁、桁架與樓板框架及屋頂系統的運用與規範。

原 10.3.2.1 節承受重力載重之屋頂系統的支撐之錨定—上翼板連結外覆材者移至 10.6.4 節說明與修改。對於第五章考慮翼板以貫穿式接合於鋼承板或外覆板之梁及翼板連接屋頂系統摺板之梁，將此章節更動移至第十章第 10.6.1 節與第 10.6.2 節予以規範說明。

原第 7.5 節—翼板連接鋼承板或外覆板之受壓構材，更動移至第十章第 10.6.3 節予以規範說明。

### 3.11 第十一章 接合設計

在第 11.2.2 節中修正電弧點銲有效熔融區之直徑( $d_e$ )為 9.53mm。在第 11.2.2.1 節增訂鋼板與鋼板接合處之電弧點銲標稱剪力強度；在第 11.2.2.2 節連接鋼板及支承材的每一電弧點銲，於無偏心載重下，其上揚標稱拉力強度之公式修正。在第 11.2.6 節修訂點銲的標稱剪力強度計算公式，並刪除以表列板厚與標稱剪力強度之關係；增加剪力遲滯現象對斷面張力強度影響之一節，以說明對斷面於銲接處有效淨斷面積之破壞及降伏現象。在第 11.3.2 節修正接合部淨斷面之破壞強度(剪力遲滯)，包含接合部材料是否有無開孔情形等均納入考慮因素。在第 11.3.3 節增訂螺栓接合承壓強度之計算公式，並增列螺栓承壓強度係數及承壓接合方式之修正係數。在第 11.4.2 節修訂從連結物中心點到任一邊緣的距離(即邊距)。在第 11.4.3.2 節修訂螺絲邊距大小影響連結物剪力強度之計算公式。在第 11.4.4.2 節在考慮螺絲型式與墊圈使用情形，修訂螺絲標稱穿刺強度；增訂剪力與穿刺力之聯合作用、張力撕裂、區塊剪力撕裂等內容。在第 11.6.1 節刪除材料接合之承壓面為混凝土支承之情形。

### 3.12 第十二章 製作、安裝、品管

配合行政院公共工程委員會所頒定之公共品質管理作業要點，修正部份用詞、用語。

### 3.13 第十三章 耐震及耐風設計特別規定

新增地 13.3.5 節—纖維板外覆材，也就是說用於抗剪力的牆體外覆材，除了原設定的鋼板、石膏板與木質板外，牆體外覆材的可使用纖維板外覆材。對於所附的

3 種表格—「剪力牆之耐風及其它平面側向力標稱強度」、「石膏板與纖維板之耐風及耐震力」、「剪力牆之標稱耐震抗剪力」進行全面的更改與說明。

#### 四、結論與建議

為確保施工之品質與建築使用之安全，本研究針對構材設計做相關規定的研究探討，對於「冷軋型鋼構造建築物結構設計規範與解說」本身進行了大幅度的修正，透過本研究的執行與推動，規範在修正方面有以下幾點重要的發展：

1. 有效寬度與有效斷面的設計方法已行之有年，雖然可以正確的獲得構材設計值，然而，在使用上並不是相當的便利，近年來發展出的直接強度法已被相關設計規範，做為冷軋型鋼構材的結構設計，因此本次規範的修正也將此方法予以納入，置於附錄四。
2. 在撓曲構材與受軸向像壓力構材強度計算方面，除了需考慮冷軋型鋼特有的局部挫屈問題外，在結構不穩定的強度議題上，撓曲構材須計算側向扭轉挫屈，受軸向壓力構材須計算撓曲挫屈、扭轉挫屈與撓曲扭轉挫屈三種行為，然近十年的研究發現，一種特有的挫屈模式會發生在冷軋型鋼構材上，那就是扭曲挫屈，因此本次規範將此種破壞行為的強度計算與檢核予以納入修正。
3. 原先規範版本僅規範了牆體隔間柱(立柱)與其組合，在考量外覆材支撐的計算上似乎過於保守，因此本次在本節的修正上，移除了原有的內容，而採用與 AISI 規範同步的方式編列，除了考量有 AISI 具有大量的研究數據為基礎外，另外亦增加了其他構材，如框梁、桁架與樓板框架及屋頂系統的運用與規範。
4. 由於冷軋型鋼構材內的肢材的寬厚比，相對熱軋型鋼構材因此有較複雜的行為，尤其在腹板摺曲上更顯得困難，本次規範在次腹板摺曲上進行了大幅度的修正。

本研究主要目標在修正冷軋型鋼造建築物結構設計規範與解說，由於在 89 年度研擬之初乃以美國鋼鐵協會 1996 的規範為版本，並參考了國內的鋼構造建築物鋼結構設計技術規範的格式與編排方式；因此本研究亦遵循此種模式進行修訂，惟除了修正原有的極限強度設計法外，原有未納入的容許強度法在本研究中亦是一項重要的任務。透過本研究的進行，相信應會有些成果可以展現：(1)完成修訂國內冷軋型鋼構件設計規範與解說，建立適合本土之設計規範，讓製造、設計與營造業者能有所依循；(2)透過專家座談與計畫執行時的訪談，提出相關實務問題，並研擬解決之道，除了利於設計規範的修正外，對於未來在修正施工規範上亦有相當的助益；(3)激發業界與設計者對冷型鋼之重視，確保建築結構安全，共同結合產、官、學之力量以提升工程品質；(4)有利學術界及工程界能進一步了解其設計原理應用，以發掘和推廣冷軋型鋼在國內之研究。

#### 參考文獻

1. Yu, W. W., Cold-Formed Steel Design (2000), 3rd Edition, John Wiley & Sons, New York, NY..
2. American Iron and Steel Institute (2007), North American Specification for the

Design of Cold-Formed Steel Structural Members, Washington, DC..

3. Architectural Institute of Japan (1985), Recommendations for the Design and Fabrication of Light Weight Steel Structures.
4. American Iron and Steel Institute (1996), Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members, Washington, DC..
5. 冷軋型鋼構造建築物結構設計規範與解說 (2004 發佈), 營建雜誌社。
6. 鋼構造建築物鋼結構設計技術規範 (2007 修正發佈), 營建雜誌社。
7. American Society of Civil Engineers (2005), Specification for Steel Structural Buildings.
8. American Society of Civil Engineers (2005), Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, ASCE Standard 7-05.