

內政部建築研究所研究計畫成果報告

研究案：鋼構造建築與相關法規研究

研究案編號：MOIS 881008-3

計畫名稱：輕鋼架(冷型鋼)構造設計規範之調查研究

執行期間：中華民國八十七年八月一日至八十八年六月三十日

輕鋼架(冷型鋼)構造設計

規範之調查研究

計畫主持人：潘吉齡

共同主持人：于煒文

共同主持人：彭瑞麟

共同主持人：李台光

主辦單位：內政部建築研究所

執行單位：中華民國鋼結構協會

中華民國八十八年六月

統一編號

002244880489

輕鋼架
冷型鋼
構造設計規範之調查研究

內政部建築研究所

摘要

針對市場的需求，近二十年來冷型鋼結構 (Cold-Formed Steel Structures) 已在世界各國多方應用於房屋、橋樑、輸電高架、公路設施等方面，由於冷型鋼之厚度薄，在其重量極輕之下，仍然可提供足夠之承載能力，也因此冷型鋼的發展亦顯的極其重要。由於環保的考量，木材、砂石等材料的短缺，歐美日等國業已制定標準化的低層冷型鋼建築設計並已廣泛地應用在工商業界及一般的住宅上。目前國內使用冷型鋼之建築物日漸增多，冷型鋼構件使用的範圍亦愈來愈廣，因此，全盤了解國內冷型鋼的製造與應用，進而制訂適合本土的冷型鋼結構設計規範似乎是刻不容緩的

冷型鋼由於質量輕、強度大、加工容易等優點，已廣泛地使用在工程材料上，目前現今世界上發展及從事研究冷型鋼的國家皆為先進國家如美國、日本、澳洲、英國等國家。目前國內現有的鋼結構相關規範乃侷限於熱軋鋼(hot-rolled steel)方面，制定輕鋼架(冷型鋼)構造設計規範乃是在所必行之方趨勢，本計畫進行相關調查、討論與研究，除了對國內外目前使用冷型鋼構的調查報告外，建議適合本土的參考標準，並界定國內制訂冷型鋼規範之方向與架構，以利設計規範作業之推展。

Abstract

Recently, the cold-formed steel has been considerably adopted in the construction of steel structures such as buildings, bridges, transmission towers, and highway products due to the demand of market. Even the thickness of cold-formed steel is quite thin as compared to the structure-used steel, the cold-formed steel structure can still take sufficient load-carrying capacity. Therefore, the development of cold-formed steel structure plays a very important role in the recent and future construction field. Due to the environmental concern and lack of construction materials such as lumber, sand, and gravel, standardized low-rise metal buildings have been widely used in industrial, commercial, and residential applications in Japan, U.S., and European. It can be observed that the utilization of cold-formed steel in the construction area is getting popular in Taiwan. Therefore, fully understanding the domestic conditions about the manufacture and application of cold-formed steel is needed to be fulfilled in order to establish the native specification for the design of cold-formed steel member in the near future.

Due to the advantages such as lightness, high strength and stiffness, and easy to fabrication and erection, the cold-formed steel has been widely used as the construction material. Most advanced countries like U.S., Japan, Australia, and U.K. have studied the cold-formed steel for decades. However, the cold-formed steel is not included in the domestic specification or code relative to the steel construction in Taiwan, the development of cold-formed steel design specification seems quite important at this moment. The main objective of this project is to study the domestic condition corresponding to the cold-formed steel by means of investigation and workshop. In order to promote the native specification for the design of thin-walled structures (cold-formed steel members), the suggested foreign documents and related materials for the establishment of domestic specification will be proposed in this research.

目 錄

一、前言	1
1.1 冷型鋼的類別及應用	2
1.2 冷型鋼之研發及規範制定	5
1.3 冷型鋼之用途	7
1.4 重要性	10
1.5 計畫目的	11
二、冷型鋼構件與熱軋型鋼之比較	12
2.1 材料特性	12
2.1.1 鋼材要求	13
2.1.2 材料厚度	14
2.1.3 應力與應變關係	14
2.1.4 應用鋼材	16
2.1.5 焊接考量	17
2.2 冷壓效果之影響	17
2.3 強度需求	18
2.4 局部挫屈	19
2.5 腹板摺曲	30
2.6 翼板翹曲	31
三、冷型鋼規範之比較	32
3.1 有效斷面觀念	32

3.1.1 AISI有效斷面寬度計算	33
3.1.2 BSI有效斷面寬度計算	34
3.1.3 AIJ有效斷面寬度計算	34
3.2 規範內容	36
3.2.1 AISI規範章節內容	36
3.2.2 BSI規範章節內容	38
3.2.3 AIJ規範章節內容	40
3.2.4 SAA規範章節內容	42
3.3 國內相關規範	43
四、問題研究	45
4.1 問卷調查統計	47
4.2 調查結果	60
五、討論與建議	62
5.1 名稱確定	62
5.2 建立冷軋型鋼構件設計強度規範	63
5.3 鋼材要求-中國國家標準(CNS)之修正	71
5.4 成立技術審議委員會	73
5.5 實例解說	74
5.6 建築技術規則條文修正	75
5.7 建立建築施工標準	75
5.8 規範推廣與施工體制建立	76
參考文獻	78

附錄一	79
附錄二	85

一、前言

針對市場的需求，冷型鋼構件(亦稱輕鋼架；Cold-Formed Steel Structural member)逐漸地出現在鋼結構設計之中，如橋樑、樓版、外牆、廠房、屋頂、停機棚與電力輸送塔等(Yu, 1991; SDI, 1987)。冷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)在室溫下經由輾軋或滾壓(cold roll forming, press brake or bending brake operation)製造而成。其本體之厚度通常介於 0.378mm (0.0149 in)至 6.35mm (0.25 in)之間。由於冷型鋼之厚度薄，重量輕，卻仍然可提供足夠的承載能力(load-carrying capacity)，因此冷型鋼的發展顯得極其重要。遠自西元1850年起，美國與英國即開始使用冷型鋼構件於房屋建築用途上。

目前國際間發展及從事研究冷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現都有相當完整的冷型鋼規範。國內應用冷型鋼於建築物的情況也日益普遍，冷型鋼構件使用的範圍愈來愈廣，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，及到處可見之屋頂加蓋及搭建。在台灣的高層建築中，冷型鋼樓版，主要用途為減少支撐系統、易於排筋及澆置混凝土，但對於冷型鋼浪形鋼板則大都未視為結構體的一部份。

儘管冷型鋼在台灣建築業界被採用的頻率正逐漸升高之中，但一般相關業界卻不予以重視。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，施工人員對冷型鋼相關知識的匱乏，導致業界對冷型鋼結構應用於建築上的不確定性。另外，對於一般使用冷型鋼構

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。因此，全盤了解國內冷型鋼的製造與使用，進而制訂適合本土的冷型鋼結構設計相關規範似乎是刻不容緩的。

1.1 冷型鋼的類別及應用

除了使用於建築房屋方面外，冷型鋼應用於其他方面亦相當廣泛，如汽車車體、火車車箱、穀物倉、囤物架、高架電塔、排水設施與橋樑建築等。冷型鋼自1940年起始廣泛的為世人所使用，早在1939年，美國康乃爾大學教授George Winter接受美國鋼鐵協會(American Iron and Steel Institute - AISI)之委託，即開始從事冷型鋼構件強度的相關研究，而第一份冷型鋼構件設計規範(Specification for the Design of Light Gage Steel Structural Members)於1946年問世。

大體而言，冷型鋼構件應用於建築工程時所具備的優點可略述如下：
(Yu, 1991)

1. 對於較輕的載重及/或較短的跨距，使用冷型鋼構件比熱軋型鋼較為經濟。
2. 由於製造方式的特異性，冷型鋼可輕易製作成所需之特殊形狀，並可獲得較佳之強度對重量比(strength-to-weight ratios)。
3. 製造完成之巢狀冷型鋼構件在包裝與運送上，不但節省空間且相當經濟。
4. 冷型鋼承版或鋼片，除了可提供屋頂、牆板與樓版建築外，另可安置電器或其他設施之管路與導管。
5. 如果與鄰近的支撐構件有良好的結合，冷型鋼承版或鋼片，不僅可承受垂直載重，更可設計為抵抗橫向力之剪力隔版(shear diaphragm)。

與其他建築材料如木材和混凝土比較之下，冷型鋼構件又能提供下列之優點：(1)重量輕；(2)高強度與高勁度(high strength and stiffness)；(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(nonshrinking and noncreeping at ambient temperatures)；(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(noncombustibility)。

在一般建築中，冷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，而冷型鋼構件使用之範圍則可大致為樓層版與屋頂版，牆版與分隔版、輸送管、和門窗之外框等。因此，從結構設計的觀點來看，冷型鋼構件可分為(Yu, 1991)：獨立之結構支撐桿件(individual structural framing members)，(請參考圖1.1)；及牆板與樓版(panels and decks)，(請參考圖1.2)。

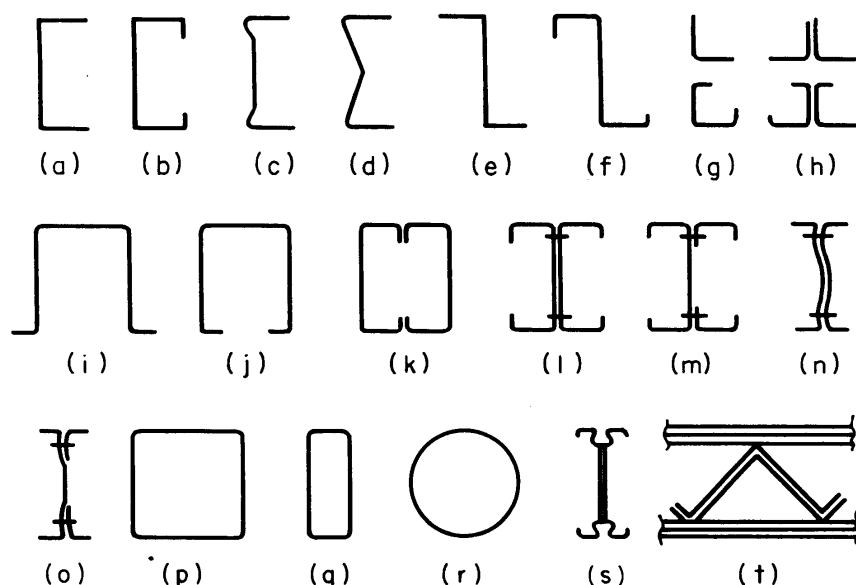


圖1.1

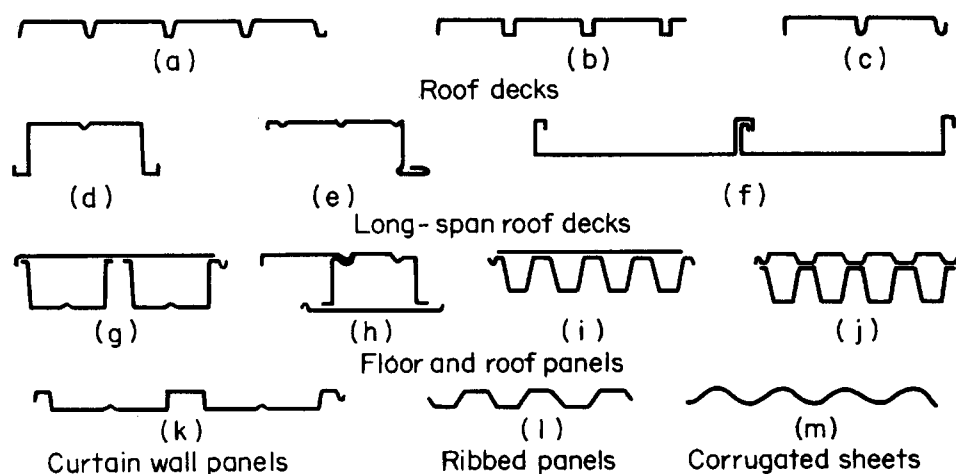


圖1.2

冷型鋼由於具有質量輕、強度大、加工容易等優點，已廣泛地被使用在工程材料上；如高層建築使用之皺摺鋼板(profiled sheet or corrugated sheet)，俗稱鋼承板或鋼浪板，由於對於垂直載重與側向載重(lateral loading)有相當強之勁度(stiffness)，因此在建築業界被廣泛的使用近一百年歷史(Baehre, 1983)。鋼承板複合樓版，與普通RC樓版比較，具有之優點為：(1)質輕、架設搬運方便，可縮短組裝時間，減少人力；(2)不須垂直支撐，可連續施工，縮短工期；(3)鋼浪板設計為結構之一部份時，可取代部份鋼筋，減少成本。

冷型鋼的厚度與一般鋼結構用鋼相比較差異甚多，因此，冷型鋼構件的壓力單元(compression element)使用了相當大的寬厚比(width-to-thickness ratio)，壓力單元在產生局部挫屈(local buckling)後，冷型鋼構件仍能繼續承載相當大的力量，這就是謂的挫屈後強度(post-buckling strength)，因此局部挫屈，在設計冷型鋼構件當中是極須考慮的一個因素。而冷型鋼構件在冷壓加工過程中，會造成冷壓殘留應力，即是在斷

面轉角處及其週邊的材料機械性質，如降伏應力與抗拉強度將明顯的增強。因此，冷型後之作用(cold-work of forming)在分析與設計冷型鋼構件中，乃為重要的考量之一。冷型鋼之設計考量與熱軋鋼實有不同，因此，許多國家皆有相關之研究與規範制定。

1.2 冷型鋼之研發及規範制定

早在1946年美國業已了解冷型鋼的重要性與廣泛性，並制定了第一本設計標準 - “Specification for the Design of Light Gage Steel Structural Members”。經過多年的研究與改進，在美國鋼鐵協會的主導下，目前的冷型鋼構件設計規範涵蓋的範圍相當的廣泛。除了以容許應力(allowable stress)為設計方法外，1991年又制定了第一版的“Load and Resistance Factor Design Specification for Cold-Formed Steel Structural Members”。目前美國鋼鐵協會所出版的冷型鋼設計手冊 - “Cold-Formed Steel Design Manual” (AISI, 1996)將ASD與LRFD二種設計規範包含在內，同時編定的方式與美國鋼構學會(American Institute of Steel Construction, AISC)所制定的鋼結構設計規範 - “Manual of Steel Construction” 相同。茲在此將其內容臚列如下，以供參考：

- Part I – Dimensions and Properties
- Part II – Beam Design
- Part III – Column Design
- Part IV – Connection Design
- Part V – Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members
- Part VI – Commentary on the 1996 Edition of the Specification for Design of Cold-Formed Steel Structural Members
- Part VII – Supplementary Information
- Part VIII – Test Methods

過去三十年間，世界各國許多組織與公司皆有從事冷型鋼相關之研究與發展，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 (Architectural Institute of Japan)，其他國家的規範如澳洲標準組織(Standards Association of Australia)所制定之“SAA Cold-Formed Steel Structures Code”，英國標準協會(British Standards Institute) 所制定之“British Standard: Structural Use of Steelwork in Building. Part 5. Code of Practice for Design of Cold formed Thin Gauge Sections”。另外，加拿大、芬蘭、法國、德國、印度、中國大陸、南非、瑞典、蘇俄、奧地利、紐西蘭等國，目前皆有對於冷型鋼設計之相關規範與標準。

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單層或雙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(圖1.3)。同時，在近十年來，公共建築如學校、教堂採用冷型鋼結構的設計亦日益趨多，主要可歸諸於下列因素：

1. 造型可多樣化
2. 快速施工，減少工期
3. 維護及管理費低
4. 易於變更及加蓋

為了推廣環保亦可回收的冷型鋼建築，除了既有的冷型鋼設計規範外，美國全國住宅建築協會(National Association of Home Builders - NAHB)聯合了美國聯邦住家與都市發展部(U.S Department of Housing and Urban Department - HUD)與美國鋼鐵協會業已製訂了「冷型鋼構住宅設計方法- Prescriptive Method for Residential Cold-Formed Steel Framing」(AISI, 1997)及相關設計細則。該設計方法制定的目的，主要是提供設計與營造業者能輕易地應用冷型鋼於建築物上。



(圖片來源：Center for Cold-Formed Steel Structures at the University of Missouri-Rolla)

圖1.3

1.3 冷型鋼之用途

冷型鋼可應用的範圍相當廣泛，其使用於建築方面亦相當的普及。國內在冷型鋼的使用已有日漸趨多的情勢，其使用的建築型態可大致分為高層鋼結構辦公大樓、工廠廠房、購物商場、汽車旅館(如圖1.4)、公寓住宅、增建物(如圖1.5)、停車棚(如圖1.6)、餐廳(如圖1.7)等。在目前的建築構件考量上，除非為低層住宅建築，一般而言，冷型鋼構件的使用大都為次結構構件或為非結構構件，其應用之部位可區分如下：

1. 結構桿件(structural member , beam or column)
2. 屋頂桁條與橫桿(roof purlin and side rail)
3. 隔間柱(wall partition)
4. 樓板托樑(floor joist)
5. 門或窗之過樑(lintels)
6. 牆版(wall claddings)

7. 屋頂版(roof panels)

8. 樓承版(floor deck)

9. 桁架(truss)



圖1.4



圖1.5

圖1.6

圖1.7

1.4 重要性

近年來國內砂石原料供應短缺，政府規定各大河川禁採砂石的期限，業者面對如此壓力，國內砂石的價格從前年的每立方米一百元上下，在奇貨可居的情況下，短短的二年內，目前一路飆漲至二百元甚至三百元的「高價」。而國內建築百分之九十以上皆採用鋼筋混凝土(RC)構造，普遍使用RC建築的原因不外是：(1)砂石價格便宜且採集便利；(2)本土自有開採與製造水泥；(3)技術層面普及；(4)人工價錢低廉等。但目前台灣正走向已開發國家的行列，人工價錢高漲，人力資源短缺乃時所必趨，再加上水泥的開採設限與設廠製造對環境的衝擊，以及砂石的短絀，面對民眾環保意識的不斷提高的時代，在在顯示出，使用具環保且可回收的鋼材做為建築材料，似乎是台灣未來建築發展的一個重要趨勢。

再者，未來二氧化碳排放量的管制，水泥在製造生產與用於營建時所產生的環保問題，以及RC建築物在拆除重建時的困難，目睹現今政府正規劃推動「綠建築」的同時，採用鋼結構似乎是一種時代趨勢。現今國內使用冷型鋼構件日漸普遍的情況下，制訂適合本土輕鋼架(冷型鋼)構造設計規範，似乎是所在必行。對於身處地震帶的台灣，建地的缺乏，山坡地的限建及如何增加建築物構體抗震力種種問題，除了制定完整之規範法令外，減輕建築物本體的重量亦不失為一良好的解決方策。

一項新材料與建築的推行並非一般所想像的簡單，其所遇到的問題，絕不僅在於規範或標準的建立與否，其他如：是否有足夠的具有專業知識之設計人員；是否有足夠的具備良好技術之施工人員；市場上是否有所需之材料與相關尺寸及規格；是否有完好之銷售體系等因素，皆須被考量周備。雖目前國內尚無冷型鋼相關規範，但使用冷型鋼做為建築物的內牆或外牆構件建材，應是目前一項不錯的起步。

1.5 計畫目的

針對市場的需求，近二十年來冷型鋼結構(Cold-Formed Steel Structures)已在世界各國多方應用於房屋、橋樑、輸電高架、公路設施等方面，由於冷型鋼之厚度薄，在其重量極輕之下，仍然可提供足夠之承載能力，也因此冷型鋼的發展亦顯的極其重要。由於環保的考量，木材、砂石等材料的短缺，歐美等國業已制定標準化的低層冷型鋼建築設計並已廣泛地應用在工商業界及一般的住宅上。目前國內使用冷型鋼之建築物日漸增多，冷型鋼構件使用的範圍亦愈來愈廣，因此，全盤了解國內冷型鋼的製造與應用，進而制訂適合本土的冷型鋼結構設計規範似乎是刻不容緩的

冷型鋼由於質量輕、強度大、加工容易等優點，已廣泛地使用在工程材料上，目前現今世界上發展及從事研究冷型鋼的國家皆為先進國家如美國、日本、澳洲、英國等國家。目前國內現有的鋼結構相關規範乃侷限於熱軋鋼(hot-rolled steel)方面，制定輕鋼架(冷型鋼)構造設計規範乃是在所必行之方趨勢，本計畫將進行相關調查、討論與研究，除了對國內外目前使用冷型鋼構的調查報告外，將建議適合本土的參考標準，並界定國內制訂冷型鋼規範之方向與架構，以利設計規範作業之推展。

二、冷型鋼與熱軋型鋼之比較

在鋼結構建築中，結構桿件的基本建材上可分兩種類型，一則為最為人知的熱軋型鋼(hot-rolled shape)及鋼板組立之構件(members built up of plates)；另一類則為由鋼板或鋼片，在經過輾壓或滾壓而成之冷型鋼構件。由於兩者間有甚多之差異性，而國內「建築技術規則」的鋼結構篇的相關內容僅適用於一般熱軋型鋼，因此，本章內容乃針對冷型鋼與熱軋型鋼間之差異，做一簡單之比較。而冷型鋼與熱軋型鋼間較顯著之差異性可概述如下：(SAA, 1998)

1. 由於製造的方式不同，冷型鋼構件沒有如熱軋型鋼製造時在熱軋(hot-rolling)後，經由不均勻的冷卻(uneven cooling)而造成之殘留應力(residual stress)。
2. 冷型鋼構件在冷壓加工過程中會造成冷壓殘留應力，即是在斷面轉角處及其週邊的材料機械性質，如降伏應力與抗拉強度將明顯的增強，相反地延展度亦相對的降低。
3. 冷型鋼材在其製造過程中經冷軋作用(cold-rolling)後，在未完全退火(anneal)時，其材料本體應力將略為減少(cold-reducing stress)。
4. 由於厚度薄，冷型鋼構件內之單元(element)擁有較大之寬厚比(width-to-thickness ratio)，也因此受到壓力之下極容易產生局部挫屈(local buckling)。
5. 冷型鋼材的應力與應變關係，可為尖銳降伏型式(sharp-yielding type)或平緩降伏型式(gradual-yielding type)。
6. 冷型鋼構件之轉角處為圓弧形。
7. 冷型鋼構件無填角焊縫(corner fillet)。

2.1 材料特性

材料的選取是決定結構桿件承載能力與行為表現的一項基本的重要

考量。在結構設計的基礎資料上，數項重要的材料特性是必須知曉的，如(1)降伏應力 – yield point or yield strength、(2)抗拉強度 – tensile strength、(3)應力與應變之特性 – stress-strain characteristics、(4)彈性模數 – modulus of elasticity、(5)展延性 - ductility、(6)可焊度 – weldability、(7)疲勞應力 – fatigue strength等材料性質。冷型鋼是利用鋼板或鋼片在室溫下，經滾壓或輾壓而成，而冷型鋼構件所使用之材料，有一大部份為冷軋鋼板或鋼片(cold-rolled steel sheet and strip)。

2.1.1 鋼材要求

用於設計冷型鋼構件之鋼材，在各國的相關規範內皆有相當的要求。除了基本的材料性質，如降伏應力與抗拉強度訂有限制外，對於展延度(ductility)及抗拉強度與降伏應力比(ratio of tensile strength to yield point)亦有相當的要求。展延度的要求乃為了結構安全及冷型考量，鋼材本身必需具備有足夠的塑性範圍，以免提早破壞。抗拉強度與降伏應力比的要求，乃可顯示出鋼材本體應變硬化(strain hardening)程度的指標及材料本身重新分配應力的能力。

在美國的冷型鋼設計手冊(AISI, 1996)內，定義冷型鋼材料特性在選擇上的限制為(1)降伏應力需介於25至80 ksi (172 to 552 MPa)之間；(2)抗拉強度需介於42至100 ksi (290 to 690 MPa)之間；(3) 抗拉強度與降伏應力比不能低於1.13；(4)伸長率(elongation)不得小於10 percent。澳洲的冷型鋼規範內亦定有類似的要求：(1) 降伏應力需介於200至550 MPa 之間；(2)抗拉強度需介於300至550 MPa 之間；(3) 抗拉強度與降伏應力比不能低於1.08；(4)伸長率不得小於8 percent。當然，在此二種規範內對於應力超出規定值或伸長率小於規定值的鋼材，在使用上則另以予限制或規範之。

國內的中央標準局目前則訂有類似之規定，其編號 – CNS6183,

G3122標準內亦有對於“一般結構用輕型鋼”(Light Gauge Steels for General Structure)的機械性質做一般的限制，其內容可參考表2.1，但其似乎對於抗拉強度與降伏應力比並無做任何相關設限。

表 2.1

符 號	拉 伸 試 驗				
	抗拉強度 N/mm ²	降伏點 N/mm ²	伸 長 率		
			厚度 mm	試 片	%
SSC 400	400~540	245以上	5 以下	5 號	21 以上
			超過 5	1A 號	17 以上

2.1.2 冷型鋼材料厚度

冷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)在室溫下經由輾軋或滾壓(cold roll forming, press brake or bending brake operation)製造而成。冷型鋼材與一般熱軋型鋼材的厚度相比較之下相差甚多，其本體之厚度通常介於 0.378 mm (0.0149 in)至6.35 mm (0.25 in)之間。在澳洲的冷型鋼規範內則指出，針對結構之需求，某些厚及25 mm的鋼板或鋼棒(steel bar)成功地經過冷型作用而成為結構用型鋼。在計算斷面的性質與承載能力時，除非有特別的考量，一般則考慮以材料本體的厚度為基準。對於經由冷型作用而減少厚度的轉角處，亦使用原本之厚度計算之。另加諸於材料上之被覆(coating)或塗料所增加之厚度，也不以考量計算。

2.1.3 應力及應變關係

冷軋鋼板或鋼片的應力及應變關係與熱軋鋼頗不相同，除了尖銳降伏型式(sharp-yielding type)外，平緩降伏型式(gradual-yielding type)的應力及應變關係(請參考圖2.1)亦常出現於冷型鋼材的特性之中。在分析構件強

度時，除非為局部挫屈(local buckling)或構件挫屈(overall buckling)，一般皆需使用降伏應力加以分析計算。由於平緩降伏型式的應力與應變曲線上並無明顯之降伏點(yield point)，這類材料的降伏應力的取得則需採用 offset method 或 strain-under-load method。如圖 2.2(a) 所示，在 offset method 中，一般在降伏點的抉擇上乃使用 0.2 % offset，而虛線的斜率則與此應力與應變曲線之初始線段之斜率相同。另在 strain-under-load method 中(圖 2.2(b))，降伏點的決定則是在 0.5 % 的固定應變處向上劃垂直線，此線與應力與應變曲線之交接處即為降伏點。

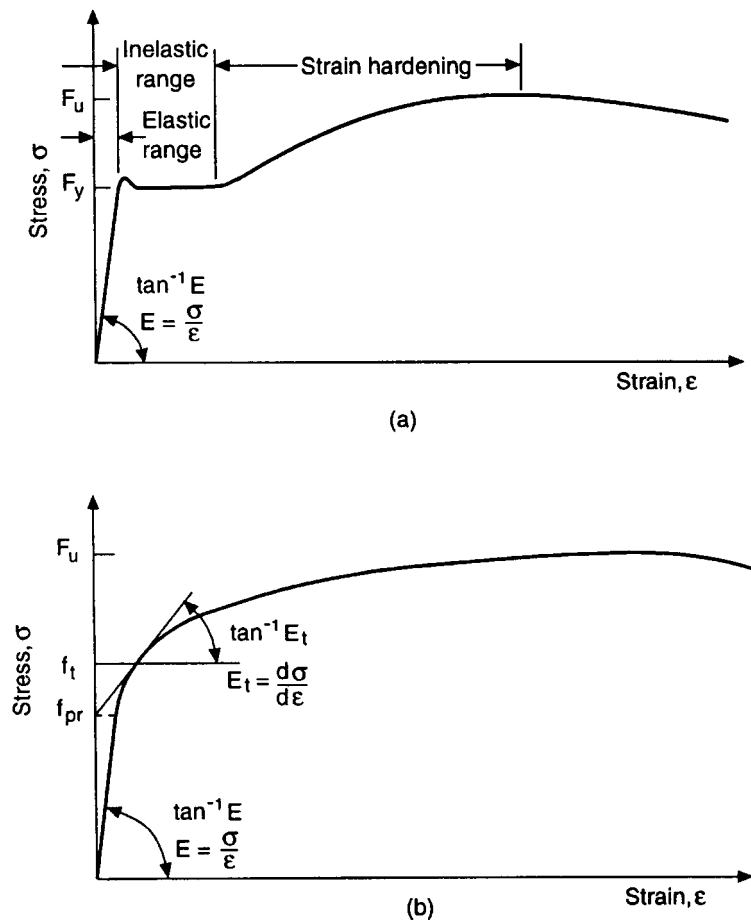


圖 2.1

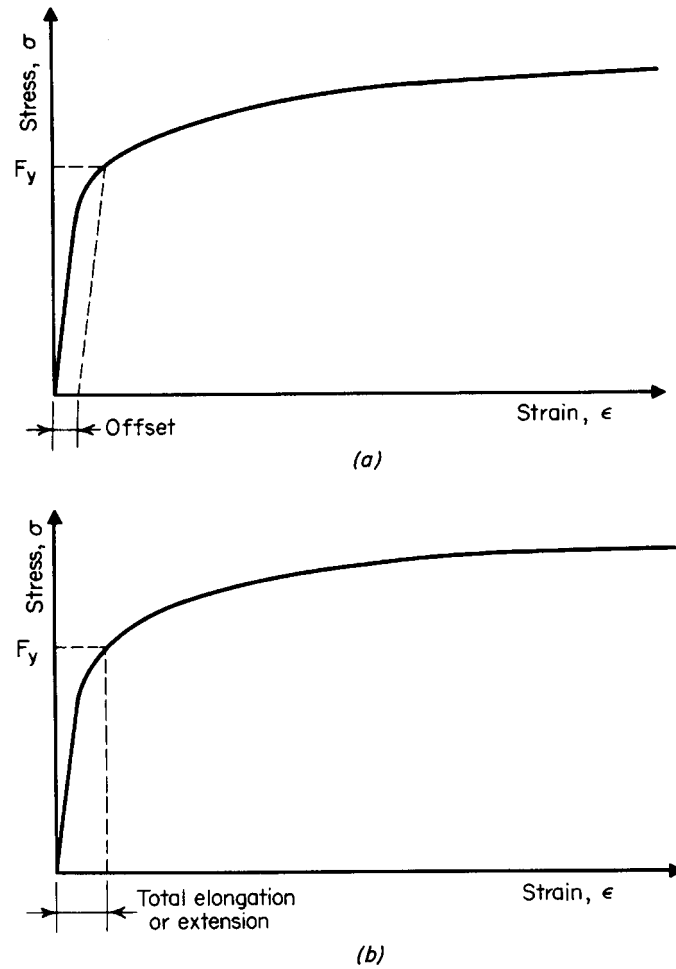


圖2.2

2.1.4 應用鋼材

應映市場的需求，目前國內之建築業界已開始使用冷型鋼相關構件，依據「中國國家標準」與「鋼結構設計手冊」之資料，國內建築所使用之鋼料(不含ASTM與JIS)可大致分為兩類。

1. 熱軋鋼構件:

CNS 2473 (一般結構用鋼)

CNS 2947 (銲接結構用鋼)

CNS 13812 (建築結構用鋼)

CNS 4269 (耐候性銲接結構用鋼)

CNS 4622 (熱軋軟鋼板、鋼片及鋼帶)

2. 冷型鋼構件:

CNS 9704 (鋼承板鋼板材質)	CNS 6183 (一般結構用輕型鋼)
CNS 1244 (熱浸法鍍鋅鋼片)	CNS 10804 (著色鍍鋅鋼片)
CNS 8499 (冷軋不銹鋼片或鋼板)	CNS 9278 (冷軋碳鋼鋼片及鋼帶)

2.1.5 焊接考量

由於冷型鋼之鋼材厚度較薄，除了在設計上需遵循規範強度要求外，對於因焊接所造成之材料性質影響，則建議依實驗結果而定之。澳洲標準組織所定之冷型鋼規範(SAA, 1996)亦有相關說明，而因焊接所造成之影響可考量在構件的強度設計上。同樣地，在英國標準協會(BSI)所定之規範(BS 5950)內，亦說明當溫度小於攝氏15度下，在受拉力的焊接接合處有斷裂發生之虞。

2.2 冷壓效果之影響

冷型鋼構件乃由鋼板或鋼片經由滾壓或輾壓而成，與熱軋型鋼頗不相同，冷型鋼構件在冷壓加工過程中會造成冷壓殘留應力，這就是所謂的冷壓效果(cold-work effect)，也即是在斷面轉角處及其週邊的材料機械性質，如降伏應力與極限應力將明顯的增強，相反地延展度亦相對的降低。由於在計算壓力單元的承載能力，乃依本體兩側加勁狀況，與其到達極限強度的應力而定。而冷壓效果所造成轉角週邊材料性質的變化則依下列因素而改變之：

1. 使用鋼的種類。
2. 壓力或張力。
3. 冷壓的方向與應力方向的差異。
4. 極限應力與降伏應力之比值(F_u/F_y ratio)。
5. 內彎半徑與材料厚度之比值(inside-radius-to-thickness ratio, R/t)。
6. 冷壓的數量。

因此，在AISI的冷型鋼構件設計規範內亦提出，對於寬厚比較小之斷

面，也即是結實斷面(compact section)，轉換之平均降伏應力(average tensile yield stress, F_{ya})可考慮用於構件強度分析，而此 F_{ya} 可由下列公式表達：

$$F_{ya}=C(F_y)_c+(1-c)F_{yf}$$

C ：全部轉角總斷面積與全斷面之比值

F_{yf} ：權重平均降伏應力(weighted average tensile yield stress)

$(F_y)_c$ ：轉角之伸張降伏應力(tensile yield stress of corners)

$(F_y)_c$ ： $B_c F_{yf} / (R/t)^m$

$B_c = 3.69(F_{uv}/f_{yv}) - 0.819(F_{uv}/F_{yv})^2 - 1.79$

$m = 0.192(F_{uv}/F_{yv}) - 0.068$

R ：內彎半徑(inside bend radius)

F_{yv} ：原始降伏應力

F_{yu} ：原始極大應力

2.3 強度需求

正如熱軋型鋼相似，早期冷型鋼構件設計方式以容許應力(allowable stress)為基礎，目前世界各國的熱軋型鋼與冷型鋼構件，大都皆改以極限(limit state)的觀念設計結構桿件。以美國AISC的熱軋型鋼營造手冊(Manual of Steel Construction)與AISI的冷型鋼設計手冊(Cold-Formed Steel Design Manual)為例，兩者皆有ASD與LRFD設計法的版本，規範內對強度需求的計算方式有相當多的差異性。不與熱軋型鋼相同，冷型鋼構件在ASD的設計法內，容許強度的計算以理論強度除以安全係數(safety factor)而得之。附錄表一與表二則針對ASD與LRFD兩種設計法，分別列出熱軋鋼與冷型鋼強度需求及載重組合之比較。

2.4 局部挫屈(Local Buckling)

鋼構件之斷面可視為由許多個斷面單元 (section element)所組成。當構件受壓時,若斷面單元之寬厚比(width-to-thickness ratio, b/t or w/t)太大,即斷面單元過於寬而薄,則構件將產生局部挫屈(local buckling)。為避免受壓構件發生局部挫屈,設計規範對壓力構件之寬厚比訂有最大限制值。以我國「建築技術規則」為例,對熱軋鋼壓力構件之寬厚比規定如下:

(一) 非加勁肢

(1) 單角鋼支撐或有隔墊之雙角鋼支撐：
$$\frac{b}{t} < \frac{640}{\sqrt{F_y}}$$

(2) 密接之雙角鋼支撐,樑、柱及壓構材之突出版, 型鋼之壓力翼

緣,版梁之加勁條：
$$\frac{b}{t} < \frac{800}{\sqrt{F_y}}$$

(3) T型鋼之立版：
$$\frac{b}{t} < \frac{1060}{\sqrt{F_y}}$$

(二)加勁肢

(1) 箱型斷面翼緣均一厚度
$$\frac{b}{t} < \frac{2000}{\sqrt{F_y}}$$

(2) 蓋版之無支撐寬間穿有間續孔時
$$\frac{b}{t} < \frac{2650}{\sqrt{F_y}}$$

(3)其他承受壓力之加勁肢
$$\frac{b}{t} < \frac{2100}{\sqrt{F_y}}$$

其中 F_y 為鋼材之降伏應力,單位為(公斤/平方公分)。

若實用之寬厚比超過規定之最大限制值時,依「建築技術規則」規定,容許應力應予折減,但未提供相關計算公式。而AISC規範則依不同之斷面單元,規定容許應力折減方式。對於包含非加勁肢之斷面,其容許應力需乘上折減係數(Q_s 、 Q_s , reduction factor)之計算方式依不同斷面單元而異。

1. 若 $\frac{76}{\sqrt{F_y}} < \frac{b_1}{t} < \frac{155}{\sqrt{F_y}}$	$Q_s = 1.340 - 0.00447 \left(\frac{b_1}{t} \right) \sqrt{F_y}$
若 $\frac{155}{\sqrt{F_y}} \leq \frac{b_1}{t}$	$Q_s = \frac{15500}{F_y \left(\frac{b_1}{t} \right)^2}$
2. 若 $\frac{95}{\sqrt{F_y}} < \frac{b_2}{t} < \frac{176}{\sqrt{F_y}}$	$Q_s = 1.415 - 0.00437 \left(\frac{b_2}{t} \right) \sqrt{F_y}$
若 $\frac{176}{\sqrt{F_y}} \leq \frac{b_2}{t}$	$Q_s = \frac{20000}{F_y \left(\frac{b_2}{t} \right)^2}$
3. 若 $\frac{127}{\sqrt{F_y}} < \frac{b_3}{t} < \frac{176}{\sqrt{F_y}}$	$Q_s = 1.908 - 0.00715 \left(\frac{b_3}{t} \right) \sqrt{F_y}$
若 $\frac{176}{\sqrt{F_y}} \leq \frac{b_3}{t}$	$Q_s = \frac{20000}{F_y \left(\frac{b_3}{t} \right)^2}$

對於包含加勁肢之斷面，其容許應力需乘上形狀係數(form factor) Q_a

$$Q_a = \frac{A_e}{A_a}$$

$$A_e = A_a - (b - b_e) t$$

其中 A_e = 斷面之有效斷面積

A_a = 斷面之實斷面積

b = 加勁肢之原有寬度

t = 加勁肢之厚度

b_e = 加勁肢之有效寬度，依下列方式計算

1. 方形與長方形箱型斷面內厚度一致之翼版單元(開孔蓋板除外)

$$b_e = \frac{253t}{\sqrt{f}} \left[1 - \frac{50.3}{\left(\frac{b_4}{t} \right) \sqrt{f}} \right] \leq b_4$$

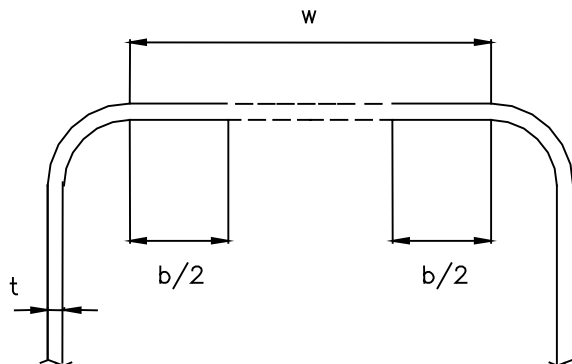
2.其他均勻受壓之單元

$$b_e = \frac{253t}{\sqrt{f}} \left[1 - \frac{44.3}{\left(\frac{b_s}{t} \right) \sqrt{f}} \right] \leq b_s \quad f = \text{計算而得之壓應力}$$

冷型鋼壓力構件之應力行為較熱軋鋼複雜，分析理論也不盡相同。因為冷型鋼構件的壓力單元(compression element)使用了相當大的寬厚比，同時壓力單元在產生局部挫屈後，冷型鋼構件仍然能繼續承載相當大的力量，這就是所謂的挫屈後強度(post-buckling strength)，因此局部挫屈在設計冷型鋼構件當中是極須考慮的一個因素。當受壓單元一旦產生彈性挫屈時，應力在結構本體中可用兩種方式表現：(1)局部挫屈應力將平均分佈在壓力單元各部份上；當應力高於局部挫屈應力，但小於降伏應力時，新增加之應力將集中於轉角處或轉角附近的單元上。

因此，冷型鋼在局部挫屈問題上採用有效斷面之觀念。當壓力構材之寬厚比超出最大限制值時，構材之使用斷面積不可視為全部有效，需將斷面單元之平寬(flat width)乘上折減係數得到有效寬度，依據有效寬度計算構材之有效斷面積，以降低構材之容許承壓力。依據AISI規範，冷型鋼構件受壓構件斷面單元之有效寬度計算方式如下：

1. 二側為腹板之加勁肢



$$\left(\frac{w}{t}\right)_{\text{lim}} = \frac{210}{\sqrt{f}} \quad (\text{英制}) = \frac{572}{\sqrt{f}} \quad (\text{公制})$$

$$\text{當 } \frac{w}{t} \leq \left(\frac{w}{t}\right)_{\text{lim}}, \quad b = w$$

$$\text{當 } \frac{w}{t} > \left(\frac{w}{t}\right)_{\text{lim}}, \quad b = w$$

$$\begin{aligned} \text{其中 } &= \frac{1.052}{\sqrt{k}} \frac{w}{t} \sqrt{\frac{f}{E}} \\ &= \left(1 - \frac{0.22}{\lambda}\right) \frac{1}{\lambda} \quad 1 \end{aligned}$$

b = 斷面單元有效寬度

w = 斷面單元平寬

= 折減係數

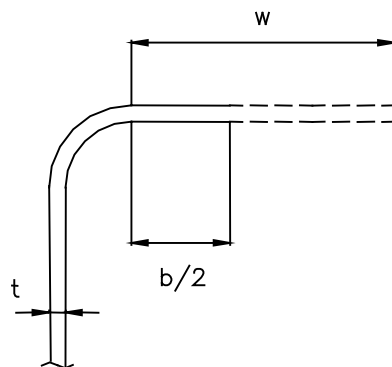
k = 挫屈係數 (= 4.0)

t = 斷面單元厚度

E = 鋼材彈性模數

f = 構材最大壓應力,單位為ksi(英制)或MPa(公制)

2. 非加勁肢



$$\left(\frac{w}{t}\right)_{\text{lim}} = \frac{72}{\sqrt{f}} \quad (\text{英制}) = \frac{188}{\sqrt{f}} \quad (\text{公制})$$

當 $\frac{w}{t} \leq \left(\frac{w}{t}\right)_{\text{lim}}$, $b = w$

當 $\frac{w}{t} > \left(\frac{w}{t}\right)_{\text{lim}}$, $b = w$

其中 $= \frac{1.052}{\sqrt{k}} \frac{w}{t} \sqrt{\frac{f}{E}}$
 $= \left(1 - \frac{0.22}{\lambda}\right) \frac{1}{\lambda}$ 1

b = 斷面單元有效寬度

w = 斷面單元平寬

= 折減係數

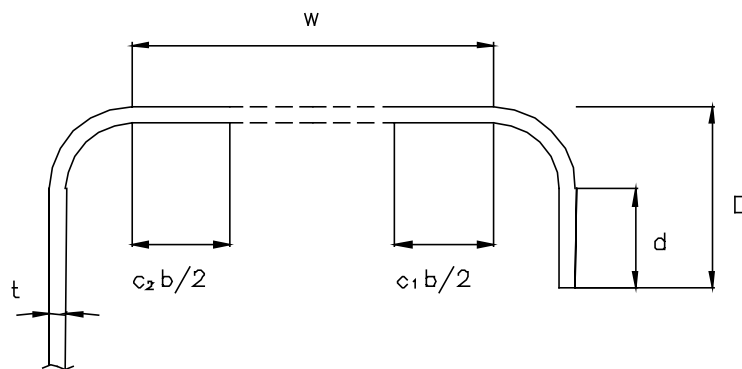
k = 挫屈係數 (=0.43)

t = 斷面單元厚度

E = 鋼材彈性模數

f = 構材最大壓應力,單位為ksi(英制)或MPa(公制)

3. 單側為腹板之加勁肢



$$S = \frac{210}{\sqrt{f}} \quad (\text{英制}) = \frac{572}{\sqrt{f}} \quad (\text{公制})$$

· 若 $\frac{w}{t} \leq \frac{S}{3}$ 且 $\frac{D}{w} \leq 0.25$ $b = w$

· 若 $\frac{S}{3} \leq \frac{w}{t} \leq S$

$$I_a = 399 \left(\left(\left(\frac{w}{t} \right) / S \right) - 0.33 \right)^3 t^4$$

b 依照1.節方式計算,其中

$$k = \left(4.82 - 5 \left(\frac{D}{w} \right) \right) \left(\frac{I_s}{I_a} \right) + 0.43 \leq 5.25 - 5 \left(\frac{D}{w} \right) \quad \text{當 } 0.8 \geq \frac{D}{w} \geq 0.25$$

$$k = 3.57 \left(\frac{I_s}{I_a} \right)^n + 0.43 \leq 4 \quad \text{當 } \frac{D}{w} < 0.25$$

$$n = 1/2$$

. 若 $\frac{w}{t} \geq S$

$$I_a = \left(\left(115 \left(\frac{w}{t} \right) / S \right) + 5 \right) t^4$$

b 依照 .公式計算,但 $n = 1/3$

在上列各式之中

b = 斷面單元有效寬度

w = 斷面單元平寬

k = 挫屈係數

t = 斷面單元厚度

f = 構材最大壓應力,單位為ksi(英制)或MPa(公制)

I_a = 加勁物所需之慣性矩

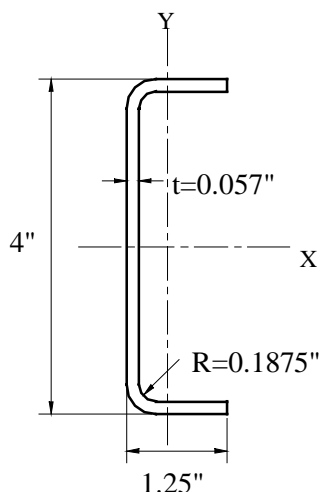
I_s = 加勁物實際之慣性矩

另外，先前乃提及冷型鋼構件在冷壓加工過程中會造成冷壓殘留應力，也即是在斷面轉角處及其週邊的材料機械性質，如降伏應力與抗拉強度將明顯的增強，相反地延展度亦相對的降低。因此，在AISI的冷型鋼構件設計規範內亦提出，對於寬厚比較小之斷面，也即是結實斷面(compact section)，轉換之平均降伏應力(average tensile yield stress, F_{ya})可考慮用於構件強度分析。

2.4.1 計算範例

冷型鋼與熱軋鋼比較範例：

以冷型鋼AISI / LRFD規範(1996)與熱軋鋼AISC / LRFD規範(1986)，對受軸向均佈壓力之構件進行分析，計算極限荷重 P_n ，藉以比較二規範在處理局部挫屈問題上之差異性。構件斷面如下圖所示。



已知條件：

$$F_y = 33 \text{ ksi}$$

$$L = 24 \text{ in}$$

$$A_g = 0.353 \text{ in}^2$$

$$r_x = 1.50 \text{ in}$$

$$r_y = 0.371 \text{ in}$$

$$= 0.854$$

$$r_0 = 1.67 \text{ in}$$

$$C_w = 0.138 \text{ in}^6$$

$$K_x = K_y = K_t = 1$$

(一) 使用AISI / LRFD規範(1996)

1. 決定破壞模式與極限應力

槽形斷面屬於單軸對稱，破壞模式為非對稱軸之撓曲挫屈或扭轉-撓曲挫屈。

y軸撓曲挫屈應力為：

$$y = \frac{\pi^2 E}{(K_y L/r_y)^2} = \frac{\pi^2 \times 29500}{(1 \times 24/0.371)^2} = 69.57 \text{ ksi}$$

扭轉-撓曲挫屈應力為：

$$t_f = \frac{1}{2\beta} \left[\sigma_x + \sigma_t - \sqrt{(\sigma_x + \sigma_t)^2 - 4\beta\sigma_x\sigma_t} \right]$$

其中

$$x = \frac{\pi^2 E}{(K_x L/r_x)^2} = \frac{\pi^2 \times 29500}{(1 \times 24/1.50)^2} = 1137 \text{ ksi}$$

$$\begin{aligned} t &= \frac{1}{Ar_0^2} \left[GJ + \frac{\pi^2 EC_w}{(K_t L)^2} \right] \\ &= \frac{1}{0.353 \times 1.67^2} \left[11300 \times 0.000383 + \frac{\pi^2 \times 29500 \times 0.138}{(1 \times 24)^2} \right] \\ &= 75.25 \text{ ksi} \end{aligned}$$

將 x 與 t 代入得

$$\begin{aligned} t_f &= \frac{1}{2 \times 0.854} \left[1137 + 75.25 - \sqrt{(1137 + 75.25)^2 - 4 \times 0.854 \times 1137 \times 75.25} \right] \\ &= 74.49 \text{ ksi} \end{aligned}$$

因為 $y < t_f$ ，所以破壞模式受撓曲挫屈控制

$$F_e = y = 69.57 \text{ ksi}$$

$$c = \sqrt{\frac{F_y}{F_e}} = \sqrt{\frac{33}{69.57}} = 0.689$$

因為 $c = 0.689 < 1.5$ ，所以極限應力為：

$$F_n = 0.658^{2c} F_y = 0.658^{0.475} \times 33 = 27.06 \text{ ksi}$$

2. 計算有效斷面積 ($f = F_n$)

翼板屬於非加勁單元

$$w = 1.25 - (0.1875 + 0.057) = 1.006 \text{ in}$$

$$w/t = 1.006 / 0.057 = 17.56$$

$$= \frac{1.052}{\sqrt{k}} \frac{w}{t} \sqrt{\frac{f}{E}} = \frac{1.052}{\sqrt{0.43}} (17.56) \sqrt{\frac{27.06}{29500}}$$

$$= 0.858$$

因為 $\lambda = 0.858 > 0.673$ ，所以

$$= (1 - 0.22 / \lambda) / \lambda = (1 - 0.22 / 0.858) / 0.858$$

$$= 0.867$$

$$\text{有效寬度 } b = w = 0.867 \times 1.006 = 0.872 \text{ in}$$

腹板屬於加勁單元

$$w = 4.00 - 2(0.1875 + 0.057) = 3.511 \text{ in}$$

$$w / t = 3.511 / 0.057 = 61.6$$

$$= \frac{1.052}{\sqrt{k}} \frac{w}{t} \sqrt{\frac{f}{E}} = \frac{1.052}{\sqrt{4}} (61.6) \sqrt{\frac{27.06}{29500}}$$

$$= 0.981$$

因為 $\lambda = 0.981 > 0.673$ ，所以

$$= (1 - 0.22 / \lambda) / \lambda = (1 - 0.22 / 0.981) / 0.981$$

$$= 0.791$$

$$\text{有效寬度 } b = w = 0.791 \times 3.511 = 2.777 \text{ in}$$

利用翼板與腹板之有效寬度，計算有效斷面積為：

$$A_e = 0.353 - 0.057(3.511 - 2.777) - 2 \times 0.057(1.006 - 0.872)$$

$$= 0.296 \text{ in}^2$$

3. 計算極限荷重

$$P_n = A_e F_n = 0.296 \times 27.06 = 8.01 \text{ kips}$$

(二) 使用AISC / LRFD規範(1986)

1. 決定破壞模式與極限應力

與AISI相同，極限應力為：

$$F_{cr} = 27.06 \text{ ksi}$$

2. 檢核翼板(非加勁單元)寬厚比

$$b = 1.25 - 0.057 = 1.193$$

$$b / t = 1.193 / 0.057 = 20.93$$

寬厚比最大限值為：

$$r = \frac{95}{\sqrt{F_y}} = \frac{95}{\sqrt{33}} = 16.54$$

因為 $b/t > r$, 需計算折減係數 Q_s

$$\frac{176}{\sqrt{F_y}} = \frac{176}{\sqrt{33}} = 30.64$$

因為 $\frac{95}{\sqrt{F_y}} < \frac{b}{t} < \frac{176}{\sqrt{F_y}}$, 所以折減係數 Q_s 為 :

$$\begin{aligned} Q_s &= 1.415 - 0.00437 \left(\frac{b}{t} \right) \sqrt{F_y} \\ &= 1.415 - 0.00437 \times 20.93 \sqrt{33} = 0.89 \end{aligned}$$

3 . 檢核腹板(加勁單元)寬厚比

$$b = 4.0 - 2 \times 0.057 = 3.886$$

$$b/t = 3.886 / 0.057 = 68.18$$

寬厚比最大限值為 :

$$r = \frac{253}{\sqrt{F_y}} = \frac{253}{\sqrt{33}} = 44.04$$

因為 $b/t > r$, 需計算形狀係數 Q_a

使用疊代法計算形狀係數 , 首先假設 $Q_a = 1$

$$Q = Q_s Q_a = 0.89$$

$$c\sqrt{Q} = \sqrt{\frac{F_y}{F_e}} \sqrt{Q} = \sqrt{\frac{33}{69.556}} \sqrt{0.89} = 0.65 < 1.5$$

$$F_{cr} = 0.658^{Q_c^2} Q F_y = 0.658^{0.4225} \times 0.89 \times 33 = 24.61$$

$$f = 0.85 F_{cr} = 0.85 \times 24.61 = 20.918$$

$$\begin{aligned} b_e &= \frac{326t}{\sqrt{f}} \left[1 - \frac{57.2}{\left(\frac{b}{t} \right) \sqrt{f}} \right] = \frac{326 \times 0.057}{\sqrt{20.918}} \left[1 - \frac{57.2}{\left(\frac{3.886}{0.057} \right) \sqrt{20.918}} \right] \\ &= 3.318 \end{aligned}$$

$$A_e = 0.353 - (3.886 - 3.318) \times 0.057 = 0.321 \text{ in}^2$$

$$Q_a = A_e / A_g = 0.321 / 0.353 = 0.909$$

以 $Q_a = 0.909$ 重新計算

$$Q = Q_s Q_a = 0.89 \times 0.909 = 0.809$$

$$c\sqrt{Q} = \sqrt{\frac{F_y}{F_e}} \sqrt{Q} = \sqrt{\frac{33}{69.556}} \sqrt{0.809} = 0.62 < 1.5$$

$$F_{cr} = 0.658^{Q_c^2} Q F_y = 0.658^{0.3844} \times 0.809 \times 33 = 22.729 \text{ ksi}$$

$$f = 0.85 F_{cr} = 0.85 \times 22.729 = 19.32 \text{ ksi}$$

$$b_e = \frac{326t}{\sqrt{f}} \left[1 - \frac{57.2}{\left(\frac{b}{t}\right)\sqrt{f}} \right] = \frac{326 \times 0.057}{\sqrt{19.32}} \left[1 - \frac{57.2}{\left(\frac{3.886}{0.057}\right)\sqrt{19.32}} \right]$$
$$= 3.421$$

$$A_e = 0.353 - (3.886 - 3.421) \times 0.057 = 0.326 \text{ in}^2$$

$$Q_a = A_e / A_g = 0.326 / 0.353 = 0.924$$

再以 $Q_a = 0.924$ 重新計算

$$Q = Q_s Q_a = 0.89 \times 0.924 = 0.822$$

$$c\sqrt{Q} = \sqrt{\frac{F_y}{F_e}} \sqrt{Q} = \sqrt{\frac{33}{69.556}} \sqrt{0.822} = 0.624 < 1.5$$

$$F_{cr} = 0.658^{Q_c^2} Q F_y = 0.658^{0.3894} \times 0.822 \times 33 = 23.046 \text{ ksi}$$

$$f = 0.85 F_{cr} = 0.85 \times 23.046 = 19.589 \text{ ksi}$$

$$b_e = \frac{326t}{\sqrt{f}} \left[1 - \frac{57.2}{\left(\frac{b}{t}\right)\sqrt{f}} \right] = \frac{326 \times 0.057}{\sqrt{19.589}} \left[1 - \frac{57.2}{\left(\frac{3.886}{0.057}\right)\sqrt{19.589}} \right]$$
$$= 3.403$$

$$A_e = 0.353 - (3.886 - 3.403) \times 0.057 = 0.325 \text{ in}^2$$

$$Q_a = A_e / A_g = 0.325 / 0.353 = 0.921$$

因為 Q_a 之值 0.921 與前次計算值 0.924 極接近，採 $Q_a = 0.921$

4. 重新計算極限應力

$$Q = Q_s Q_a = 0.89 \times 0.921 = 0.82$$

$$c\sqrt{Q} = \sqrt{\frac{F_y}{F_e}}\sqrt{Q} = \sqrt{\frac{33}{69.556}}\sqrt{0.82} = 0.624$$

$$F_{cr} = 0.658^{Q_c^2} Q F_y = 0.658^{0.3894} \times 0.82 \times 33 \\ = 22.99 \text{ ksi}$$

5. 計算極限荷重

$$P_n = F_{cr} A_g = 22.99 \times 0.353 = 8.12 \text{ kips.}$$

由AISI與AISC計算之結果相比較，兩者之計算極限荷重相差不大，但在計算撓曲強度時，則相信二種規範的計算結果應有相當之差異性，主要是因冷型鋼撓曲構件在計算桿件設計強度時，其中性軸的位置，將依壓力部份的有效面積(含翼板與部份腹板)而有所改變，同時，也因中性軸位置的改變，受壓應力的大小亦隨之更動，進而有效面積又需另加計算之，經由交互作用，最後求得收斂之中性軸位置。

2.5 腹板摺曲(Web Crippling)

不如熱軋型鋼構件，冷型鋼載重樑顯少在承載處加入橫向加勁物(stiffener)，以抵抗集中的荷重與支撐，因此，在樑腹板處易產生摺曲變形。在理論分析上，冷型鋼載重樑發生摺曲變形的因素可為：

1. 施力處過於集中，應力分佈不均勻。
2. 腹板本體的彈性與非彈性穩定能力。
3. 在施力處，發生局部區域降伏。
4. 撓曲力所造成之偏心荷重。
5. 腹板本體的初使非平面狀況(initial out-of-plane imperfection)。
6. 腹板與翼板的相互束縛情形。
7. 考量承接屋頂板，所造成載重樑腹板的傾斜。

因此，冷型鋼構件設計規範內，一般對於此類問題，皆有計算公式以確保載重樑腹板免於摺曲。

2.6 翼板翹曲(Flange Curling)

另外一點與熱軋型鋼構件不同是，如果冷型鋼載重樑翼板過寬(當然，翼板厚度較薄)，則可能產生翼板本體朝向中性軸方向上的翹曲，因而減低樑的承載能力。造成翼板翹曲的原因，乃在於樑在其長向上撓曲，所產生撓曲應力於翼板之內。經實驗證明，翼板翹曲是會減低載重樑的承載能力。目前美國AISI的冷型鋼構件設計規範內，並無對此種問題做規範，但依據英國BSI的規範內容，其已有公式以計算出翹曲程度，進而評估樑因翹曲所減少的承載能力。

2.7 構件接合

與熱軋型鋼相比較，由於冷型鋼構件厚度薄，因此在構件接合計算設計熱軋型鋼上與不同。基本上，冷型鋼構件之接合器可分為熔焊(welds)、螺栓(bolts)、鉚釘(cold rivets)與自攻螺絲(self-screw bolts)。也因為接合部份的厚度考量，螺栓接合的破壞可區分為下列四種型態：

Type I：鋼板或鋼片的長向剪力破壞(Longitudinal shear failure of sheet)。

Type II：鋼板或鋼片的承載破壞(bearing failure of sheet)。

Type III：鋼板或鋼片的拉力破壞(tensile failure of sheet)。

Type IV：螺栓的剪力破壞(shear of bolt)。

三、冷型鋼規範之比較

目前國內現有的鋼結構相關規範乃侷限於熱軋鋼(hot-rolled steel)方面，制定輕鋼架(冷型鋼)構造設計規範似乎是在所必行之方趨勢，本計畫將進行相關調查、討論與研究，除了對國內外目前使用冷型鋼構的調查報告外，將建議適合本土的參考標準，並界定國內制訂冷型鋼規範之方向與架構，以利設計規範作業之推展。因此，瞭解並熟識國外各國冷型鋼規範，則是一項基礎工作，其中首要的工作即是收集與整理國外冷型鋼相關之設計規範，比較其相關性與差異性，以提供國內制定規範之參考。

世界許多國家業已制訂冷型鋼規範，由於國內業者使用之冷型鋼相關規定，皆考量其材料所製造的成份；構件所生產的規格；產品所引進之國家，針對此些因素，本計畫參考的對象如下：

- United States – “Cold-Formed Steel Design Manual” (AISI, 1996)。
- Australia – “Cold-Formed Steel Design Structures” (SAA, 1996)。
- British – “Structural Use of Steelwork in Building – Part 5. Code of Practice for Design of Cold Formed Thin Gauge Sections” (BSI, 1998)。
- Japan – “Recommendations for the Design and Fabrication of Light Weight Steel Structures – 輕鋼構造設計施工指針” (AIJ, 1985)。

3.1 有效斷面觀念

與熱軋型鋼構件相比較，冷型鋼構件的厚度則較薄，因此斷面本體所包含之單元(element)的寬厚比之值相當大，也因此極有可能產生局部挫屈。在設計上，局部挫屈的相關計算則是無不避免的一件工作。因此，冷型鋼構件在局部挫屈問題上採用有效斷面之觀念，當壓力構材之寬厚比超出最大限制值時，構材之使用斷面積不可視為全部有效，需將斷面

單元之平寬(flat width)乘上折減係數得到有效寬度，依據有效寬度計算構材之有效斷面積，以降低構材之容許承壓力。

基本上，AISI、SAA、BSI與AIJ四國的冷型鋼構件規範皆應用有效斷面的觀念，來進行挫屈後強度的計算與設計。AISI、BSI與AIJ三種規範的發展較早，有效寬度的計算公式則不儘相同，而SAA規範的計算方式則與AISI相同，目前規範發展較慢的國家，如南非、韓國等大部份皆參考美國AISI的設計理念。以下則列出AISI、BSI與AIJ規範在有效寬度的計算公式，以供參考。

3.1.1 AISI有效寬度計算

依據AISI規範，冷型鋼構件受壓構件斷面單元之有效寬度計算方式如下：

當 $\lambda \leq 0.673$ ，則 $b = w$

當 $\lambda > 0.673$ ，則 $b =$

$$= \frac{1.052 w}{\sqrt{k} t} \sqrt{\frac{f}{E}}$$
$$= \left(1 - \frac{0.22}{\lambda}\right) \frac{1}{\lambda} w$$

b = 斷面單元有效寬度

w = 斷面單元平寬

= 折減係數

k = 挫屈係數 (0.43 for unstiffened element, 4.0 for stiffened element)

t = 斷面單元厚度

E = 鋼材彈性模數

f = 構材最大壓應力，單位為ksi(英制)或MPa(公制)

3.1.2 BSI有效寬度計算

英國國家標準局(British Standards Institution)所制定之”Code of Practice for Design of Cold Formed Thin Gauge Sections”規範內，對於厚度小於3.2mm之斷面，其有效斷面面積之計算乃以理想化之斷面(idealized section)為基準，而由冷壓過程中所形成的彎角處(round corners)改以直角替代之。而在計算有效斷面時，各壓力單元所使用之有效寬度(b_{eff})則需以下列公式計算之：

$$\text{for } \frac{f_c}{P_{cr}} < 0.123 \quad \frac{b_{eff}}{b} = 1$$
$$\text{for } \frac{f_c}{P_{cr}} \geq 0.123 \quad \frac{b_{eff}}{b} = \left[1 + 14 \left(\sqrt{\frac{f_c}{P_{cr}}} - 0.35 \right)^4 \right]^{-0.2}$$

在上列各式之中

b = 斷面單元有效寬度

f_c = 單元最大壓應力

P_{cr} = 單元局部挫屈應力， $185000 k (t/b)^2$

t = 斷面單元厚度

3.1.3 AIJ有效寬度計算

日本建築學會(Architectural Institute of Japan)所制定之“Recommendations for the Design and Fabrication of Light Weight Steel Structures – 輕鋼構造設計施工指針”規範內，對於斷面單元局部挫屈的問題亦有相關規定。

1. 構材內斷面單元的寬厚比，在受到壓縮力或彎曲所造成之壓縮力時，斷面單元視為全部有效的的限制值如下：

a. 承受壓縮力的角鋼。

$$\frac{b}{t} \leq 13$$

b. 柱與壓縮構材一般突出之翼板(flange)、樑壓縮部份突出之翼板或鋼板。

$$\frac{b}{t} \leq 16$$

c. 柱與壓縮構材之一般皺摺板(wave plate)、箱形斷面之翼板、頂板(cover plate)、附補強邊之壓縮翼板。

$$\frac{b}{t} \leq 48$$

d. 樑之皺摺板壓縮部份。

$$\frac{b}{t} \leq 71$$

2. 如斷面單元的寬厚比超出上述的限制值，則可將超過的部份視為無效，來進行應力檢測。

a. 承受壓縮力的角鋼中，未對扭曲加以補強的有效寬度(b_e)，可以用下列公式計算之：

$$\frac{b_e}{b} = 250 \left(\frac{t}{b} \right)^2$$

b. 承受集中荷重之樑跨距(span)與翼板平寬(b_f)的比值在30倍以下時，不論是壓縮或拉張，翼板的有效寬度則依下列規定計算之：

$$\frac{b_e}{b_f} = 0.3 + 0.13 \sqrt{\frac{L}{b_f}} \leq 1.0$$

L = 跨距長(cm)。在簡支樑中為其間距，在連續樑中為反曲點間之距離，在懸臂樑中為其間距之二倍。

b_f = 在C形與I形斷面中為翼板之平寬，在箱形、U形斷面中為其翼板平寬的1/2。

3.2 規範內容

如同有效斷面計算方式，澳洲SAA的冷型鋼構件設計規範的內容，與美國AISI規範編排方式大致雷同，SAA與AISI規範最大不同處，乃在SAA規範內包含了澳洲自行研究發現的扭屈挫屈行為 – Distortional Buckling Behavior。而日本AIJ規範與其他三國規範不同之處，則為綜合了設計規範與施工標準。當然，除了設計規範條文之外，此四種規範皆另編有規範註解(commentary)，以期讓使用者更易瞭解規範之內容並正確的使用之。參考此四種規範，最完整的應可界定為美國AISI所編定之“Cold-Formed Steel Design Manual”，除了冷型鋼構件設計規範與註解外，在設計手冊內同時包括了(1)各類構件斷面性質資料、(2)樑、柱與接合設計圖與設計表、(3)樑、柱與接合設計範例、(4)構件試驗程序說明。另外值得一提的是，在日本AIJ規範內針對三種建築型態，例舉了三種設計實例 – (1)工廠建築、(2)住宅兼店舖建築、(3)辦公事務建築。以下則列出此四種規範之章節內容大綱以供參考：

3.2.1 AISI規範章節內容

A. GENERAL PROVISIONS

A1 Limits of Applicability and Terms

A2 Non-Conforming Shapes and Construction

A3 Material

A4 Loads

A5 Allowable Stress Design

A6 Load and Resistance Factor Design

A7 Yield Point and Strength Increase for Cold Work of Forming

A8 Serviceability

A9 Referenced Documents

B. ELEMENTS

B1 Dimensional Limits and Consideration

B2 Effective Widths of Stiffened Elements

B3 Effective Widths of Unstiffened Elements

B4 Effective Widths of Elements with One Intermediate Stiffener or an Edge Stiffener

B5 Effective Widths of Edge Stiffened Elements with Intermediate Stiffeners or Stiffened Elements with More Than One Intermediate Stiffener

B6 Stiffeners

C. MEMBERS

C1 Properties of Sections

C2 Tension Members

C3 Flexural Members

C4 Concentrically Loaded Compression Members

C5 Combined Axial Load and Bending

C6 Cylindrical Tubular Members

D. STRUCTURAL ASSEMBLIES

D1 Build-Up Sections

D2 Mixed Systems

D3 Lateral Bracing

D4 Wall Studs and Wall Stud Assemblies

D5 Floor, Roof or Wall Steel Diaphragm Construction

E. CONNECTIONS AND JOINTS

E1 General Provisions

E2 Welded Connections

E3 Bolted connections

E4 Screw Connections

E5 Shear Rupture

E6 Connections to Other Materials

F. TESTS FOR SPECIAL CASES

F1 Tests for Determining Structural Performance

F2 Tests for Confirming Structural Performance

F3 Tests for Determining Mechanical Properties

3.2.2 BSI規範章節內容

Section 1. General

1.1 Introduction

1.2 Scope

1.3 Normative references

1.4 Terms and Definitions

1.5 Symbols

Section 2. Limit State design

2.1 General principals and design method

2.2 Loading

2.3 Ultimate limit states

2.4 Serviceability

2.5 Durability

Section 3. Properties of materials and section properties

3.1 Range of thicknesses

3.2 Design thickness

3.3 Properties of materials

3.4 Effects of cold forming

3.5 Calculation of section properties

Section 4. Local buckling

4.1 General

4.2 Maximum width to thickness ratio

4.3 Basic effective width

4.4 Effective widths of plates with both edges supported (stiffened element)

4.5 Effective widths of plates with one edge supported (unstiffened element)

4.6 Edge stiffeners

4.7 Intermediate stiffeners

Section 5. Design of members subjected to bending

5.1 General

5.2 Laterally stable beams

5.3 Web crushing

5.4 Shear in webs

5.5 Combined effects

5.6 Lateral buckling

5.7 Deflections

5.8 Flange curling

5.9 Effects of torsion

Section 6. Members in compression

6.1 General

6.2 Flexural buckling

6.3 Torsional flexural buckling

6.4 Combined bending and compression

Section 7. Members in tension

7.1 General

7.2 Tensile capacity

7.3 Combined bending and tension

Section 8. Connections

8.1 General recommendations

8.2 Bolted connections

8.3 Friction grip bolts

8.4 Weld detail and design

8.5 Resistance spot welds

8.6 Maximum pitch for connections in sections

8.7 Screws, blind rivets and powder actuated fasteners

8.8 Holding-down bolts

Section 9. Simplified rules for commonly used members

- 9.1 General
- 9.2 Z purlins with lips
- 9.3 Z sheeting rails with lips
- 9.4 Lattice joists
- Section 10. Loading tests
 - 10.1 General
 - 10.2 Test conditions
 - 10.3 Test procedures
 - 10.4 Relative strength coefficient
 - 10.5 Component tests
 - 10.6 Proof test
 - 10.7 Strength test
 - 10.8 Failure test
 - 10.9 Load tables

3.2.3 AIJ規範章節內容

第一章 總 則

1.1適用範圍

1.2一般

1.3構材板厚要求

第 二 章 材料與容許應力

2.1 材料

2.2 容許應力

第 三 章 構造計畫

3.1總則

3.2耐震設計

3.3 構材設計

3.4 接合設計

3.5 建築應力

3.6 設計變更

第四章 構材設計

4.1 構材斷面

4.2 構材單元之有效寬度

4.3 受張構材

4.4 受壓構材

4.5 受壓組立構材

4.6 撓曲構材

4.7 支點之補強

4.8 連續連接組合 I 形樑及組合樑

4.9 柱材

4.10 合成樑

4.11 屋頂、地板及牆壁

第五章 接合

5.1 高張力螺栓、螺栓及鉚接等相關構造細則

5.2 高張力螺栓接合

5.3 螺栓或鉚接合

5.4 焊接接合的基本要求

5.5 平接焊接

5.6 填角焊縫焊接

5.7 各種接合要素

第六章 接合設計

6.1 基本事項

6.2 設計細則

6.3 構造細則

6.4 接頭

6.5 仕口

- 6.6 構架部份的接合
- 6.7 軸組交叉的端接合
- 6.8 柱腳

第七章 製作與施工

- 7.1 製作
- 7.2 建造方法
- 7.3 防潮

3.2.4 SAA規範章節內容

INTRODUCTION

SECTION 1 SCOPE AND GENERAL

- 1.1 Scope
- 1.2 Referenced Documents
- 1.3 Definitions
- 1.4 Notation
- 1.5 Materials
- 1.6 Design Requirements
- 1.7 Non-conforming Shapes and Construction

SECTION 2 ELEMENTS

- 2.1 Section Properties
- 2.2 Effective Widths of Stiffened Elements
- 2.3 Effective Widths of Unstiffened Elements
- 2.4 Effective Widths of Uniformed Compressed Elements with an Edge Stiffener or One Intermediate Stiffener
- 2.5 Effective Widths of Edge-stiffened Elements with One or More Intermediate Stiffeners or Stiffened Elements with More Than One Intermediate Stiffener
- 2.6 Arched Compression elements
- 2.7 Stiffeners

SECTION 3 MEMBERS

- 3.1 General
- 3.2 Members Subjected to Tension
- 3.3 Members Subjected to Bending
- 3.4 Centrically Loaded Compression Members
- 3.5 Combined Axial Load and Bending
- 3.6 Cylindrical Tubular Members

SECTION 4 STRUCTURAL ASSEMBLIES

- 4.1 Built-up Sections
- 4.2 Mixed System
- 4.3 Lateral restraints
- 4.4 Wall Studs and Wall Stud Assemblies

SECTION 5 CONNECTIONS

- 5.1 General
- 5.2 Welded Connections
- 5.3 Bolted Connections
- 5.4 Screwed Connections
- 5.5 Blind Riveted Connections
- 5.6 Rupture

SECTION 6 TESTING

- 6.1 Testing for Determining Material Properties
- 6.2 Testing for Assessment or Verification

3.3 國內相關規範

國內冷型鋼結構工程起步較晚，儘管冷型鋼在台灣建築業界被採用的頻率正逐漸升高之中，但一般相關業界卻不予以重視，相關研究與施工經驗缺乏。因此，對於國內目前既有之相關規範，如營建署的「建築技術規則」與「鋼結構施工規範」、中華民國建築學會的「鋼構造設計規範」、中華民國土木水利學會的「鋼結構工程施工規範」，皆僅針對熱軋型鋼而設計。

在國內「建築技術規則」的第五條中，明訂“建築物設計及施工技術之規範，由中央主管建築機關另定之”，因此，在考量國內的需求性下，建議內政部建築研究所應儘速制定，適合國內的冷軋型鋼相關規範。

四、問題研究

本計畫的實施可以說是國內推動制訂冷型鋼相關規範與規定的一項起步。因此，除了收集國外冷型鋼相關之設計規範，比較其相關性與差異性，提供國內制定規範之參考外，探討國內冷型鋼製造、設計與營造業界使用之範圍，界定規範之方向與涵蓋面是另一個重要的研究方向。同時，藉由規範的推動，亦可激發業界對冷型鋼建材之重視，確保建築結構安全。冷型鋼構件設計規範的調查研究方法，乃採文獻探討法、問卷調查法、實地探討法與專家座談法等。本研究的研究流程請參考圖4.1，問題研究的具體實施，可依下列三個階段進行：

1. 國內冷型鋼製造與使用調查。
 - a. 利用問卷調查先行了解國內鋼鐵製造業所生產之相關冷型鋼板與構件。本研究問卷對象所示之鋼鐵製造業，除材料本體之製造廠商外，冷軋鋼廠與型鋼組立工廠亦為問卷調查的對象，問卷的寄發乃抉擇於先前各項廠商資料的蒐集，利用業界名冊與網路查詢，先行了解相關製造業者。問卷的設計內容乃採開放式與封閉式二種，開放式之問題旨在了解業界所生產冷型鋼構件的種類、構件適用的範圍、及採用製造之規範或依據。另封閉式之問題意在方便統計與研究，進而針對冷型鋼之規範、設計標準與相關法令，分析出其需要性與適切性。由於劃分為製造業者的數目並不多，此部份所寄發之業者總數計79家，問卷內容請參考附錄表三。
 - b. 利用問卷調查進行研究國內建築業界與工程顧問公司所設計冷型鋼構件之相關依據及其使用範圍。除了針對製造業者寄發問卷外，對於設計業界(含部份鋼鐵製造業者、工程顧問公司、建築事務所、進口廠商等)與營造業界(含部份鋼鐵製造業者、建設公司、營造廠商、部份進口廠商等)皆為本計畫調查研究的目標，由於建築事務所與工程顧問公

司的數量太多，而其所從事過的案例亦無法全盤調查，因此，對於此兩種類型的業者僅能以抽樣方式寄發問卷。同樣地，設計與營造業者的問卷亦采開放式及封閉式，以確實了解製造、設計與營造三類業者對冷型鋼構件問題的關聯性。針對設計與營造業者所設計之問卷，請參考附錄表四與表五，其問卷所寄發之份數分別為369與82件。

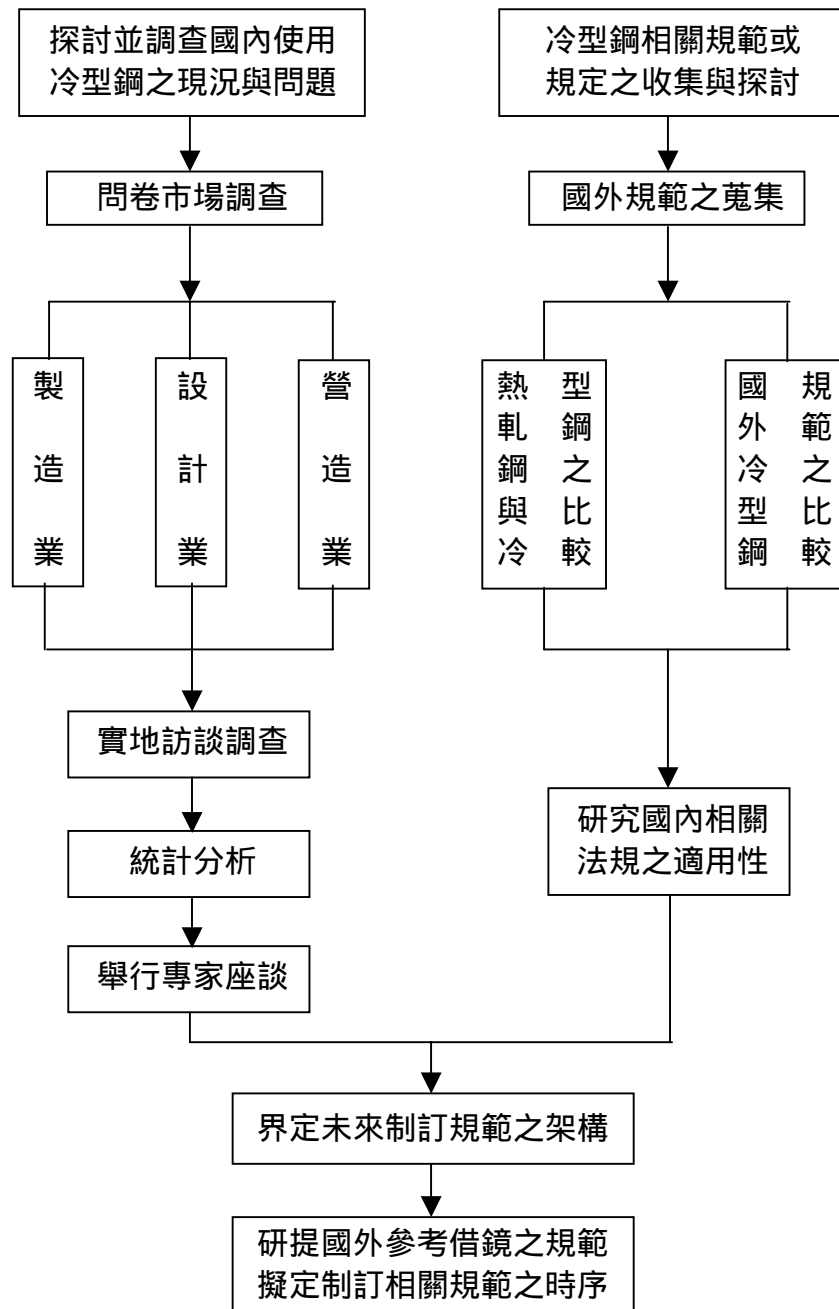


圖4.1 研究流程

- c. 利用訪問調查進而實地了解相關施工細節與方式。在問卷回收彙整後，將選出部份對冷型鋼問題提出相當差異性之各類業者，以進行更深入之問題調查及瞭解，同時，藉由與廠商面對面的溝通，不僅可探究問題的核心，更可開啟實際問題所在。
2. 資料歸納、整理與問題探討。
 - a. 將國內各類使用冷型鋼構件之方式與範圍歸類與界定。有鑒於在國內使用冷型鋼於建築工程的頻率增加，利用問卷調查與實地訪談的結果，深入探討國內建築業界應用冷型鋼構件的範圍、構件採用的型式與規格，同時所依據的規定亦為需探討的項目，進而做為制訂國內規範的方向參考。
 - b. 國內相關建築法令在對冷型鋼構件設計之適用性。
 - c. 舉行專家座談。本計畫將於明(八十八)年四月間邀請學者、製造廠代表、建築設計業者、業界使用者與政府官員共同針對冷型鋼構件相關問題提出意見及做法。
 3. 研擬可行方案，界定未來制訂冷型鋼規範之方向與架構，並提出國外可供參考借鏡之規範與標準，以順利進行相關作業。

4.1 問卷調查統計

問卷調查已於八十七年十一與十二月間展開，問卷的設計內容乃採開放式與封閉式二種，開放式之問題旨在了解業界所生產冷型鋼構件的種類、構件適用的範圍、及採用製造之規範或依據。另封閉式之問題意在方便統計與研究，進而針對冷型鋼之規範、設計標準與相關法令，分析出其需要性與適切性。針對製造業、設計業與營建業所設計之問卷請參考附錄表三至表五，而問卷之調查結果與統計請參考下列之說明：

為了解設計業、製造業與營造業三者對「構件強度設計規範」之需求程度是否相同，今採用卡方(chi_square)分配對三者進行齊一性檢定(test of homogeneity)。問卷調查結果之統計資料如下圖所示，樣本資料是由「設計業」、「製造業」、「營造業」等三個獨立母體及「非常急迫」、「急迫」、「需要」、「可有可無」、「不需要」等五個類別所組成，其中「不需要」類別在三母體之值皆為零，故不納入計算。

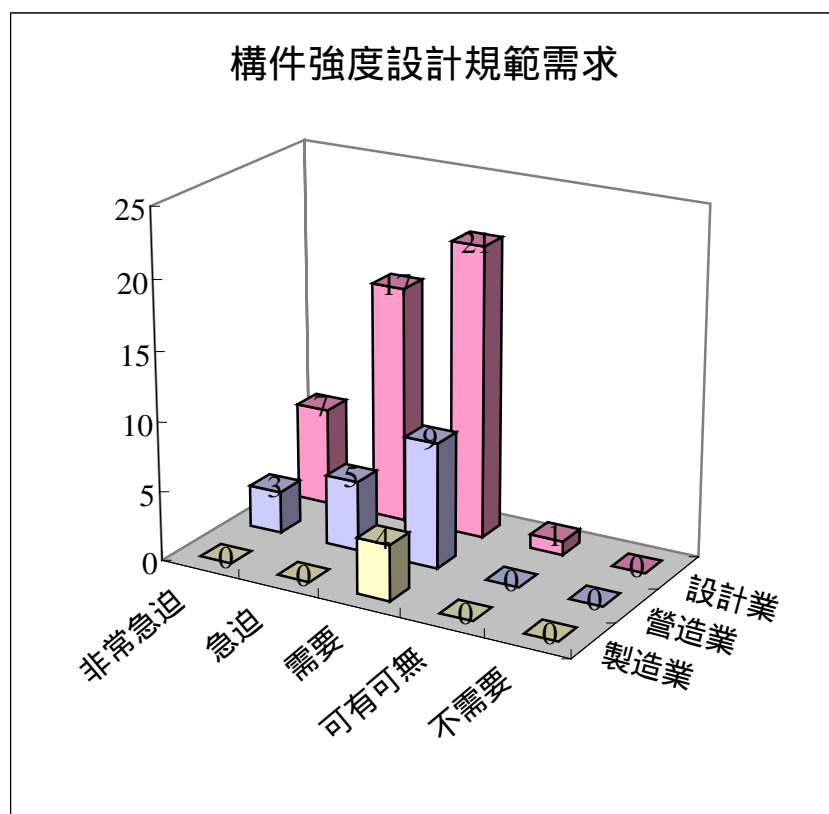
經計算後可得卡方檢定統計量為：

$$\chi^2 = 4.9161$$

設顯著水準 $\alpha = 0.05$ ，查表得卡方分配臨界值為：

$$\chi^2_{(4-1)(3-1), 0.05} = 12.5916$$

因為 χ^2 之值 4.9161 小於 χ^2 之臨界值 12.5916，所以依檢定結果，可獲得結論為：設計業、製造業與營造業三者對「構件強度設計規範」之需求程度無明顯之差異。



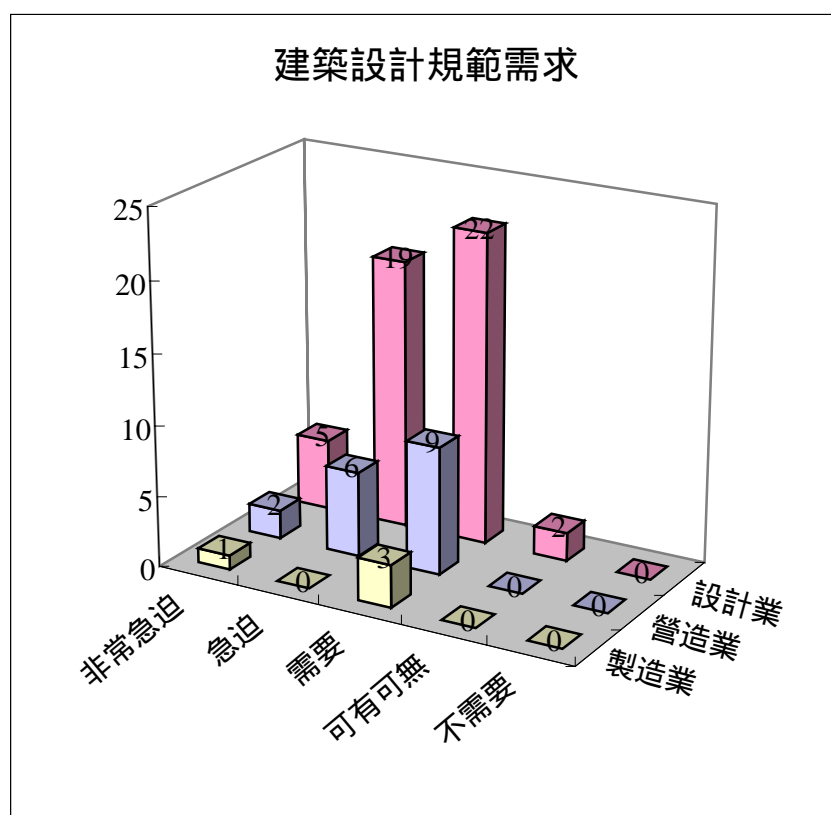
「建築設計規範需求」項目之統計結果如下圖所示，樣本資料是由「設計業」、「製造業」、「營造業」等三個獨立母體及「非常急迫」、「急迫」、「需要」、「可有可無」、「不需要」等五個類別所組成，其中「不需要」類別在三母體之值亦皆為零，故不納入計算。採用卡方分配進行齊一性檢定，經計算後可得卡方檢定統計量為：

$$\chi^2 = 3.8540$$

設顯著水準 $\alpha = 0.05$ ，查表得卡方分配臨界值為：

$$\chi^2_{(4-1)(3-1), 0.05} = 12.5916$$

因為 χ^2 之值 3.8540 小於 χ^2 之臨界值 12.5916，所以依檢定結果，可獲得結論為：設計業、製造業與營造業三者對「建築設計規範」之需求程度無明顯之差異。



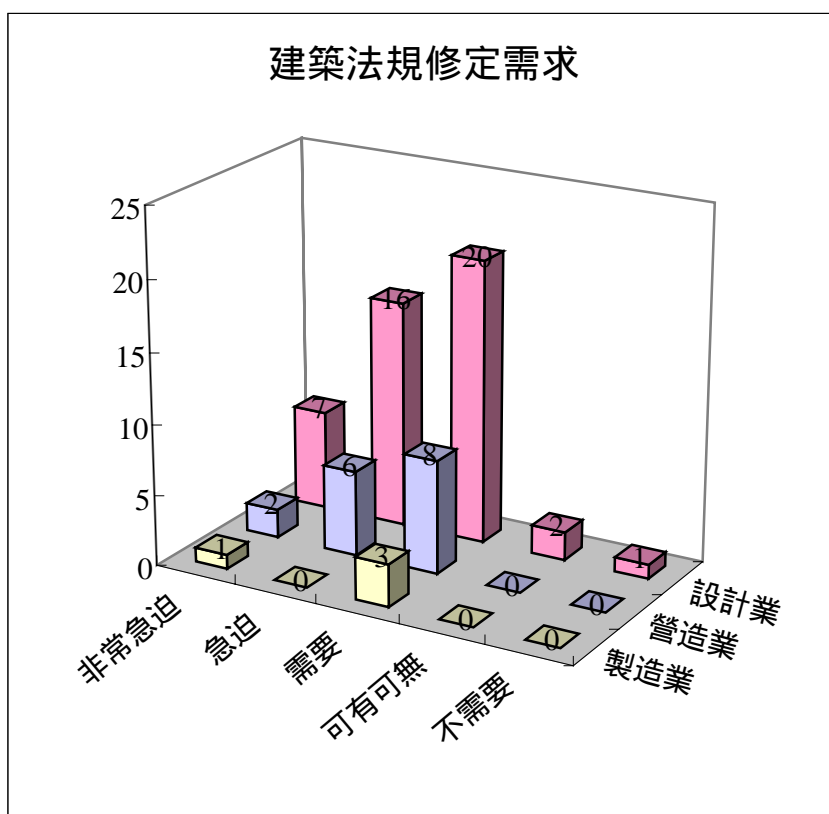
「建築法規修定需求」項目之問卷調查統計結果如下圖所示，樣本資料是由「設計業」、「製造業」、「營造業」等三個獨立母體及「非常急迫」、「急迫」、「需要」、「可有可無」、「不需要」等五個類別所組成。採用卡方分配進行齊一性檢定，經計算後可得卡方檢定統計量為：

$$\chi^2 = 3.9002$$

設顯著水準 $\alpha = 0.05$ ，查表得卡方分配臨界值為：

$$\chi^2_{(5-1)(3-1), 0.05} = 15.5073$$

因為 χ^2 之值 3.9002 小於 χ^2 之臨界值 15.5073，所以依檢定結果，可獲得結論並先前一樣，設計業、製造業與營造業三者對「建築法規修定」之需求程度亦無明顯之差異。



4.2 調查結果

依據製造、設計與營造業者之問卷調查、實地訪談及統計結果，可結論出下列數項：

1. 為數不少之製造、設計與營造業者，皆有接觸及從事冷型鋼之工程與經驗。
2. 冷型鋼斷面厚度的適用範圍甚廣，從 0.76 mm 至 4.5 mm 的鋼材，甚至更厚之鋼材皆有應用於建築物上。同時，從設計業者與營造業者之問卷統計圖表中，可觀查出二者間在使用鋼材厚度上大致吻合。
3. 製造、設計與營造三業者對於 C 型冷型鋼構件(或槽型鋼)，在建築物的應用上皆屬比例最大者。
4. 製造業者生產冷型鋼的最主要原因為“市場需求因素”。
5. 在使用冷型鋼構件於建築物的型態上，以工廠建築佔較大之比例。
6. 目前國內在應用冷型鋼構件接合方式上，焊接、螺栓及自攻螺絲三種類型皆佔相當之比例。
7. 設計與營造業者的問卷調查結果中，可發現目前國內應用冷型鋼的建築物型態相當多樣化。
8. 三業者在使用參考規範上，以美國與日本的規範為主，另外在設計業者的統計資料上，以參考美國的規範較為多數。
9. 製造、設計與營造三業者對於冷型鋼相關規範的制定，迫切的需求性相當一致。

在問卷回收彙整後，本計畫選出部份對冷型鋼問題提出相當差異性之各類業者，在本(八十八)年二、三、四月間進行訪問調查進而實地了解相關細節與方式，同時，藉由與廠商面對面的溝通，不僅可探究問題的核心，更可開啟實際問題所在。在經由實地訪談後，對於國內製造、使用及

應用冷型鋼之通路以圖 4.2 之流程圖陳述之。另外、本計畫亦於今(八十八)年四月九日，邀請學者、製造廠代表、建築設計業者、業界使用者與政府官員共同針對冷型鋼構件相關問題提出意見及做法，本次專家座談研討會之座談記錄及相關資料請參考附錄二。

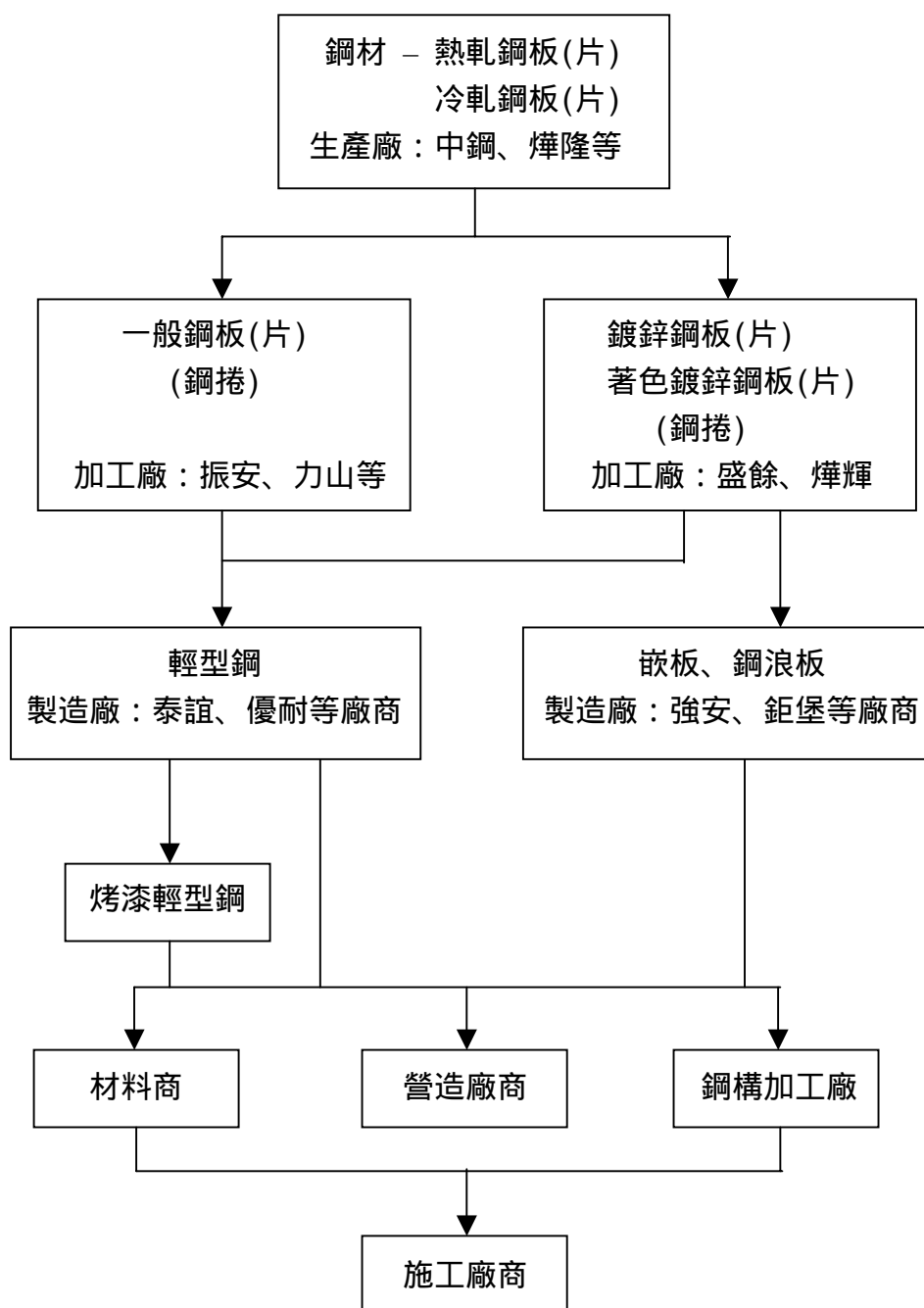


圖 4.2 冷型鋼構件生產與製造流程圖

五、討論與建議

針對市場的需求，近二十年來冷型鋼結構(Cold-Formed Steel Structures)已在世界各國多方應用於房屋、橋樑、輸電高架、公路設施等方面，由於冷型鋼之厚度薄，在其重量極輕之下，仍然可提供足夠之承載能力，也因此冷型鋼的發展亦顯的極其重要。由於環保的考量，木材、砂石等材料的短缺，歐美等國業已制定標準化的低層冷型鋼建築設計並已廣泛地應用在工商業界及一般的住宅上。目前國內使用冷型鋼之建築物日漸增多，冷型鋼構件使用的範圍亦愈來愈廣，因此，全盤了解國內冷型鋼的製造與應用，進而制訂適合本土的冷型鋼結構設計規範似乎是刻不容緩的。冷型鋼由於質量輕、強度大、加工容易等優點，已廣泛地使用在工程材料上，目前現今世界上發展及從事研究冷型鋼的國家皆為先進國家如美國、日本、澳洲、英國等國家。目前國內現有的鋼結構相關規範乃侷限於熱軋鋼(hot-rolled steel)方面，制定輕鋼架(冷型鋼)構造設計規範乃是在所必行之方趨勢。

5.1 名稱確定

冷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)在室溫下經由輾軋或滾壓(cold roll forming, press brake or bending brake operation)製造而成。其英文可詮釋為 cold-formed steel member、thin-walled structural member 或 light gauge steel structural member。目前國內對於冷型鋼構件的名稱尚無統一的稱呼，一般可分為(1)輕鋼架、(2)輕型鋼、(3)冷型鋼、(4)冷軋鋼、(5)冷軋型鋼、(6)冷作型鋼等名稱。而市場上對“冷型鋼”與“輕鋼架”的定義亦有所不同，對於業者而言，通常輕鋼架乃指輕隔間或天花板的金屬建材。而在國內所制訂之中國國家標準CNS 6183中則定義冷型鋼為“一般結構用輕型鋼”，因此，在未來國內制定規範之時，界定冷型鋼的名稱乃首要明確

的一件事。

依據國內新修訂之「建築技術規則」(修正日期為中華民國八十七年九月二十四日，修正編號為台(87)內營字第八七七二八四五號)，在第五章鋼構造第一節內的第一條，亦是原第二百三十五條，修改為“本章為應用鋼材建造建築結構之技術規則，作為設計及施工之依據。但冷軋型鋼構造、鋼骨鋼筋混凝土結構及其它特殊結構，不在此限”，業已暗喻出冷型鋼之法定名稱應為“冷軋型鋼”，如此亦可與國內通用之熱軋型鋼之名稱相互對應。

另外，在未來編定國內冷軋型鋼規範時，針對建築所使用之名稱，亦需做一些探討與界定，以求名詞的一致性。如一般俗稱之鋼浪板(steel deck)，亦稱鋼承版，在CNS 9704中乃使用“浪形鋼板”之名稱，在CNS 8339中乃稱之為折板(鋼製屋頂折板-steel roof-decks)，而類似浪板形狀之屋頂板或牆面板，在CNS 8182與CNS 8186中則分別稱之為鋼製屋頂嵌板(steel panel for roof)及鋼製樓板嵌板(steel panel for floor)。因此，名稱使用的正確或適當與否，考量規範使用者在閱讀時的便利性，則是在制定規範時必須注意的一項重點。

5.2 建立冷軋型鋼構件設計強度規範

由於目前國內使用冷軋型鋼構件之建築物日漸普遍，其應用之建築物型態大致可分為低層住宅、購物商場、工廠、餐廳、倉儲建築、辦公大樓與增建物等。依據內政部建築研究所對台北縣地區的調查研究，截至八十三年止，使用鋼材之建築物約佔全樓地板面積的一成左右，同時，在本計畫的問卷調查內，亦可發現目前使用冷軋型鋼為構件的建築物，以工廠與購物商場的比率最高，可知訂定相關規範以保障公眾建築物的安全實為刻不容緩的事情。

目前台灣正走向已開發國家的行列，人工價錢高漲，人力資源短缺乃時所必趨，再加上水泥的開採設限與設廠製造對環境的衝擊，以及砂石的短絀，面對民眾環保意識的不斷提高的時代，在在顯示出，使用具環保且可回收的鋼材做為建築材料，似乎是台灣未來建築發展的一個重要趨勢。再者，未來二氧化碳排放量的管制，水泥在製造生產與用於營建時所產生的環保問題，以及RC建築物在拆除重建時的困難，目睹現今政府正規劃推動「綠建築」的同時，採用鋼結構似乎是一種時代趨勢。現今國內使用冷軋型鋼構件日漸普遍的情況下，制訂適合本土輕鋼架(冷型鋼)構造設計規範，似乎是所在必行。世界各國皆發展以鋼材為建築物的基本原料，日本在推動鋼構造的建築亦相當的努力，而以冷軋型鋼構件為主的 steel home 更是其推廣的一個走向，而世界各先進國家皆已先後制定冷軋型鋼的相關規範與施工標準。

在先前的規範比較之下，可探討出發展較為完整的應為美國鋼結構協會(American Iron and Steel Institute - AISI)所編訂的「冷軋型鋼構件設計規範」(Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members)，同時，目前國內的「鋼構造建築物鋼結構設計技術規範」乃以美國鋼構造協會(American Institute of Steel Construction - AISC)的「鋼構造建築設計規範」(Design Specification for Structural Steel Buildings)為參考依據。大體而言，國內的鋼構造設計規範與美國的規範相比較之下，不同之處為(1)章節的編排不儘相同；(2)材料之規格映印國內之標準；(3)載重組合的風力係數依台灣地區的情況設定；(4)耐震設計融合了國內研究成果；(5)規範與解說(Commentary)以交叉方式呈現等。因此，在未來制訂國內冷軋型鋼構件設計規範，乃建議參考AISI編訂之規範，同時，在編排與設計上亦需考量與國內「鋼構造建築物鋼結構設計技術規範」的一致性，如此才能增加使用者在查尋與閱覽時之便利性。

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，容許應力設計法(Allowable Stress Design - ASD)或塑性設計法(Plastic Design - PD)常以折減材料強度或放大載重作為設計之安全係數，對結構安全的掌握可能並非為最佳的方法。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作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。在目前各國皆傾向以極限設計法為設計準則的同時，建議國內冷軋型鋼構件設計規範亦應已此法為設計基準。

在國內「建築技術規則」的第五條中，明訂“建築物設計及施工技術之規範，由中央主管建築機關另定之”，因此，在未來國內冷軋型鋼相關規範皆應由內政部建築研究所訂定之，而先期應首先制定冷軋型鋼構件設計規範，對於規範之內容與架構建議可概述如下：

第一章 通則

- 1.1 適用範圍
- 1.2 品質要求
- 1.3 設計基準
- 1.4 常數

第二章 載重

- 2.1 適用範圍
- 2.2 載重係數與載重組合

2.3 其他載重

第三章 材料

3.1 一般規定

3.1.1 冷軋型鋼構材

3.1.2 鋼材檢驗

3.1.3 鋼材品質證明

3.2 適用鋼材

3.3 降伏應力(a)

3.4 冷型之影響(b)

3.5 延展性(c)

3.6 鋼材厚度

- (a) 冷軋鋼板或鋼片的應力及應變關係與熱軋鋼頗不相同，除了尖銳降伏型式(sharp-yielding type)外，平緩降伏型式(gradual-yielding type)的應力及應變關係，亦常出現於冷型鋼材的特性之中。在分析構件強度時，除非為局部挫屈(local buckling)或構件挫屈(overall buckling)，一般皆需使用降伏應力加以分析計算。由於平緩降伏型式的應力與應變曲線上並無明顯之降伏點(yield point)，這類材料的降伏應力的取得則需採用offset method 或 strain-under-load method。在offset method 中，一般在降伏點的抉擇上乃使用0.2 % offset，而虛線的斜率則與此應力與應變曲線之初始線段之斜率相同。另在strain-under-load method 中，降伏點的決定則是在0.5 % 的固定應變處向上劃垂直線，此線與應力與應變曲線之交接處即為降伏點。
- (b) 冷軋型鋼構件乃由鋼板或鋼片經由滾壓或輾壓而成，與熱軋型鋼頗不相同，冷軋型鋼構件在冷壓加工過程中會造成冷壓殘留應力，這就是所謂的冷壓效果(cold-work effect)，也即是在斷面轉角處及其週邊的材

料機械性質，如降伏應力與極限應力將明顯的增強，相反地延展度亦相對的降低。由於在計算壓力單元的承載能力，乃依本體兩側加勁狀況，與其到達極限強度的應力而定。而冷壓效果所造成轉角週邊材料性質的變化則依下列因素而改變之：

1. 使用鋼的種類。
 2. 壓力或張力。
 3. 冷壓的方向與應力方向的差異。
 4. 極限應力與降伏應力之比值(F_u/F_y ratio)。
 5. 內彎半徑與材料厚度之比值(inside-radius-to-thickness ratio , R/t)。
 6. 冷壓的數量。
- (c) 用於設計冷軋型鋼構件之鋼材，在各國的相關規範內皆有相當的要求。除了基本的材料性質，如降伏應力與抗拉強度訂有限制外，對於展延度(ductility)及抗拉強度與降伏應力比(ratio of tensile strength to yield point)亦有相當的要求。展延度的要求乃為了結構安全及冷型考量，鋼材本身必需具備有足夠的塑性範圍，以免提早破壞。抗拉強度與降伏應力比的要求，乃可顯示出鋼材本體應變硬化(strain hardening)程度的指標及材料本身重新分配應力的能力。

第四章 單元設計(d)

4.1 尺寸限制與考量

4.1.1 翼板之寬厚比

4.1.2 腹板之寬厚比

4.2 加勁單元之有效寬度

4.2.1 均佈受壓之加勁單元

4.2.2 均佈受壓之具有圓孔之加勁單元

4.2.3 具應力坡度之加勁單元或腹板

4.3 未加勁單元之有效寬度

- 4.3.1 均佈受壓之未加勁單元
- 4.3.2 具應力坡度之未加勁單元或邊緣加勁肢
- 4.4 具中間加勁肢或邊緣加勁肢單元之有效寬度
 - 4.4.1 均佈受壓之具一個中間加勁肢單元
 - 4.4.2 均佈受壓之具一個邊緣加勁肢單元
 - 4.4.3 具多個中間加勁肢之加勁單元
- 4.5 加勁肢
 - 4.5.1 橫向加勁肢
 - 4.5.2 剪力加勁肢

(d) 冷軋型鋼的厚度與一般鋼結構用鋼相比較差異甚多，因此，冷軋型鋼構件的壓力單元(compression element)使用了相當大的寬厚比(width-to-thickness ratio)，壓力單元在產生局部挫屈(local buckling)後，冷軋型鋼構件仍能繼續承載相當大的力量，這就是所謂的挫屈後強度(post-buckling strength)，因此局部挫屈，在設計冷軋型鋼構件當中是極須考慮的一個因素。在設計冷型鋼壓力單元時，冷軋型鋼與熱軋型鋼最大之差異在於其挫屈後強度之使用。

基本上，冷軋型鋼構件之設計採用有效斷面面積(effective section area)之觀念，所有受壓單元(compression element)之承載能力皆須依據有效面積方式計算。而受壓單元之有效寬度(effective width)除了與其自身幾何形狀有關外，亦受到兩側之加勁狀態有所影響。受壓單元基本上可分為加勁單元(stiffened element)，與非加勁單元(unstiffened element)。而加勁與否則視其兩側是否加勁狀態而定之，自然地，冷軋型鋼構件之設計承載能力亦有所不同。當受壓單元一旦產生彈性挫屈(elastic buckling)時，應力在結構本體中可用下列兩種方式表現：

1. 局部挫屈應力將平均分佈在壓力單元各部份上；
2. 當應力高於局部挫屈應力但小於降伏應力時，新增加之應力將集

中於轉角處或轉角附近的單元上。

第五章 受拉構材

- 5.1 適用範圍
- 5.2 設計受拉強度

第六章 撓曲構材(e)

- 6.1 適用範圍
- 6.2 一般撓曲設計
 - 6.2.1 標稱斷面強度
 - 6.2.2 側向挫屈強度
 - 6.2.3 翼板連接浪形鋼板之樑
 - 6.2.4 翼板連接屋頂折板之樑
- 6.3 剪力強度
- 6.4 撓曲 - 剪力強度
- 6.5 腹板摺曲強度
- 6.6 撓曲 - 腹板摺曲強度

- (e) 在冷軋型鋼與熱軋型鋼構件，在計算撓曲強度時有相當之差異性，主要是因冷軋型鋼撓曲構件在計算桿件設計強度時，其中性軸的位置，將依壓力部份的有效面積(含翼板與部份腹板)而有所改變，同時，也因中性軸位置的改變，受壓應力的大小亦隨之更動，進而有效面積又需另加計算之，經由交互作用，最後求得收斂之中性軸位置，因此，在撓曲強度計算上冷軋型鋼構件則較為複雜。

第七章 受壓構材

- 7.1 適用範圍

- 7.2 受壓強度
- 7.3 扭轉強度與撓曲 - 扭轉挫屈強度
- 7.4 非對稱構材設計

第八章 構材承受彎矩及軸力

- 8.1 適用範圍
- 8.2 軸向拉力與撓曲作用強度
- 8.3 軸向壓力與撓曲作用強度

第九章 中空圓管構材

- 9.1 適用範圍
- 9.2 撓曲強度
- 9.3 受壓強度
- 9.4 軸向壓力與撓曲作強度

第十章 合成構材

- 10.1 適用範圍
- 10.2 組合斷面
 - 10.2.1 C型鋼組合之I型鋼
 - 10.2.2 受壓單元之接合間距
- 10.3 側向支撐
- 10.4 無側向支撐之組合箱形樑
- 10.5 隔間柱與其組合
 - 10.5.1 撓曲強度
 - 10.5.2 受壓強度
 - 10.5.3 軸向壓力與撓曲強度

第十一章 接合設計

- 11.1 一般規定
- 11.2 銲接
- 11.3 螺栓接合
- 11.4 自轉螺栓接合
- 11.5 設計斷裂破壞強度

附錄一 專有名詞中英對照

附錄二 符號說明

附錄三 單位換算表

5.3 鋼材要求-中國國家標準(CNS)之修正

鋼材之選用一般的三個基本原則為：(1)安全性、(2)加工性、(3)經濟性。目前國內土木建築界所使用之熱軋型鋼鋼材大致可分為：(以中國國家標準- CNS 與美國材料試驗協會- ASTM 為例)

1. 一般結構用鋼(CNS 2473 , ASTM A36)
2. 熔(焊)接結構用鋼(CNS 2947 , ASTM A36、A283D、A572、A709)
3. 熔(焊)接結構用耐候性鋼(CNS 4269 , ASTM A242 Type I)
4. 高耐候性鋼(CNS 4620 SPA-H , ASTM A588 , A709 Gr.50W)
5. 建築構造用軋鋼料(CNS 13812)

依據美國鋼鐵協會(AISI)冷軋型鋼構件設計規範內，所規定可用作為冷軋型鋼材料之種類甚多，大致可分為：

1. 一般結構用鋼 A36
2. 高強度低合金鋼 A242、A588
3. 中低強度結構用碳鋼 A283
4. 高強度結構用鋼 A529

5. 結構用碳鋼 A570
6. 熔(焊)接結構用鋼 A572
7. 耐候性高強度低合金結構用鋼 A606 (熱軋鋼捲、冷及熱軋鋼片)
8. 加鋁、釩高強度低合金結構用鋼 A607 (熱軋或冷軋)
9. 冷軋結構用碳鋼 A611
10. 鍍鋅結構用鋼片 A653
11. 改良成形高強度低合金鋼片 A715
12. 熱浸法鍍鋁鋅合金鋼 A792

一如目前國內「鋼構造建築物鋼結構設計技術規範」內，第三章材料篇所示“結構用鋼板、鋼棒及型鋼應選用符合下列中國國家標準規定之鋼材”，並明列相關可使用之鋼料材。但依據中國國家標準CNS 6183 (一般結構用輕型鋼，修正日期：84年2月16日)之陳述，輕型鋼由鋼板或鋼帶以冷軋成形製造，而其適用之材料僅限於“SSC 400”。在本計畫進行之廠商訪談中發現，製造業者使用之鋼材亦有其他之規格，另外，在參訪廠商的過程中，同時在可能的情況下，收集製造冷軋型鋼構件之鋼材，在於實驗室內試驗材料性質後，亦證實此點。

目前各國規範內對於冷軋型鋼構件之定義，除了在 CNS 6183 內所包含的構材如槽形、Z形、L形、C形及帽形構件外，矩形及圓形鋼管、鋼承板(steel deck，浪形鋼板 - CNS 9704)、屋頂鋼板(steel panel for roof，鋼製屋頂嵌板 - CNS 8182)、牆面鋼板(steel panel for wall，鋼製牆壁嵌板 - CNS 8184)、樓承板(steel panel for floor，鋼製樓板嵌板 - CNS 8186)、屋頂承板(steel roof deck，鋼製屋頂折板 - CNS 8339)等亦屬冷軋型鋼之構件。在CNS 9704 浪形鋼板的標準中明定可使用之鋼材為CNS 4622(熱軋軟鋼板)、CNS 9278(冷軋碳鋼鋼片及鋼帶)、CNS 2473(一般結用軋鋼料)、CNS 4620(高耐候性軋鋼料)，在CNS 8182、CNS 8184、CNS 8186標準中，則明定可使用之鋼材為CNS 1244(熱浸法鍍鋅鋼片)、CNS 10804(著

色鍍鋅鋼片)及CNS 12005(聚氯乙烯金屬積層板)，而在CNS 8339中則建議使用折板材料可為CNS 4620(高耐候性軋鋼料)、CNS 1244(熱浸法鍍鋅鋼片)、CNS 10804(著色鍍鋅鋼片)、CNS 9998(熱浸鍍鋁鋼片及鋼帶)、CNS 9265(冷軋不銹鋼帶)與CNS 12005(聚氯乙烯金屬積層板)。

另外，在CNS 11984標準中所說明之“建築用暗架式牆及平頂輕鋼架”(一般所謂之輕隔間及輕鋼架)，則另有規定其可使用之材料。歸納上述之構材類型，事實上國內使用冷軋型鋼構件的鋼材應不僅限於CNS 6183之SSC 400，因此未來制定冷軋型鋼構件的同時，CNS之材料使用規格似乎有需要統整的必要性。

在美國的冷軋型鋼設計手冊(AISI, 1996)內，定義冷型鋼材料特性在選擇上的限制為(1)降伏應力需介於25至80 ksi (172 to 552 MPa)之間；(2)抗拉強度需介於42至100 ksi (290 to 690 MPa)之間；(3)抗拉強度與降伏應力比不能低於1.13；(4)伸長率(elongation)不得小於10 percent。澳洲的冷軋型鋼規範內亦定有類似的要求：(1)降伏應力需介於200至550 MPa 之間；(2)抗拉強度需介於300至550 MPa 之間；(3)抗拉強度與降伏應力比不能低於1.08；(4)伸長率不得小於8 percent。當然，在此二種規範內對於應力超出規定值或伸長率小於規定值的鋼材，在使用上則另以予限制或規範之。同樣地，在制定國內冷軋型鋼構件規範與統整CNS標準時，對於材料本體的延展特性亦需做一定之要求。

5.4 成立技術審議委員會

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單層或雙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。為了推廣環保亦可回收的冷軋型鋼建築，除了既有的冷軋型鋼設計規範外，美國全國住宅建築協會(National Association of Home Builders - NAHB)聯合了美國聯邦住家與都市發展部

(U.S Department of Housing and Urban Department - HUD)與美國鋼鐵協會業已製訂了「冷軋型鋼構住宅設計方法- Prescriptive Method for Residential Cold-Formed Steel Framing」(AISI, 1997)及相關設計細則。該設計方法制定的目的，主要是提供設計與營造業者能輕易地應用冷軋型鋼於建築物上。

在美國、英國、澳洲等國發展鋼構住宅的同時，日本亦積極地研發與推廣鋼構住宅，在1993年11月舉行的通產省都市鋼鐵研討會，會內即決定了以鋼構住宅為研究主題，接著共六家鋼鐵公司參與研究，並開始籌劃制定鋼構住宅結構和耐久性能之設計基準。於1995年，建設省與日本建築中心共同設立作業小組，共同籌劃制定鋼構住宅建築物性能評估及評定基準，期始鋼構住宅得到立足點。

第一本冷軋型設計鋼規範於1942年在美國誕生，當時乃由康乃爾大學George Winter教授領導，成立產官學三方的委員會，並在美國鋼鐵協會資助下，應映當時之需求，發展出冷軋型鋼設計規範。因此，觀察各國在研發冷軋型鋼相關規範的過程，可瞭解到成立技術審議委員會，結合產、官、學三方的知識、技術與需求，如此才能發展出適合本土的設計規範及相關標準。另由國內「建築技術規則」總則編第六條所述，“中央主管建築機關，得組設建築技術審議委員會，以從事建築設計、施工、構造、材料與設備等技術之審議、研究、建議及改進事項”，因此，成立技術審議委員會實有其必要性與需求性。

5.5 實例解說

新設計規範的推廣，相信對一個設計者而言，在其使用上可能會產生自我不信任感，原因乃緣自於其不熟悉規範之應用層面。目前美國鋼鐵協會所出版的冷軋型鋼設計手冊-“Cold-Formed Steel Design Manual”(AISI, 1996)內則包含構件設計範例，日本冷軋型鋼設計相關規範 -

Recommendations for the Design and Fabrication of Light Weight steel structures – 輕鋼結構設計施工指針同解說 (AIJ, 1985)內亦有設計實例解說，同時，英國標準協會(British Standards Institute) 除了制定了“British Standard: Structural Use of Steelwork in Building. Part 5. Code of Practice for Design of Cold-formed Sections”外，英國鋼構造協會(The Steel Construction Institute)亦有出版“冷軋型鋼構件設計實例說明”(SCI, 1993)。也因此，在未來完成制定國內冷軋型鋼構件設計規範的同時，應可考量參考英國之作法，結合社會相關研究單位與機構，共同發行冷軋型鋼構件設計範例，如此較能迅速的推動業界使用規範，並做正確之設計。

5.6 建築技術規則條文修正

依據國內新修訂之「建築技術規則」(修正日期為中華民國八十七年九月二十四日，修正編號為台(87)內營字第八七七二八四五號)，在第五章鋼構造第一節內的第一條，亦是原第二百三十五條，修改為“本章為應用鋼材建造建築結構之技術規則，作為設計及施工之依據。但冷軋型鋼構造、鋼骨鋼筋混凝土結構及其它特殊結構，不在此限”，另增加條文第二百三十五條之一“鋼構造建築物鋼結構設計技術規範(以下簡稱設計規範)及鋼構造建築物施工規範(以下簡稱施工規範)由中央主管建築機關另定之”，可觀查出新修正之建築技術規則條文，業已將技術公式與法令分行，並做相關引用規定。因此，冷軋型鋼構造設計規範在制定完成後，需修正目前的建築技術規則，以做為其法令之定位與引用之依據。

5.7 建立建築施工標準

對於國外居家住宅多以木材為建築材料，在木材價格高漲，森林資源保護意識升高的情況下，鋼構住宅很快地成為各國發展的對象。依據

第十八屆中日工程技術研討會(1997)論文「日本在鋼構住宅之技術現況與展望」之內容資料，澳洲每年有十七萬至十八的新建住宅中，業已有13% 是採用鋼構住宅建築；同時，預測美國鋼屋(steel house)戶數於1997年，可達95,000。

一項新材料與建築的推行並非一般所想像的簡單，其所遇到的問題，絕不僅在於規範或標準的建立與否，其他如：是否有足夠的具有專業知識之設計人員；是否有足夠的具備良好技術之施工人員；市場上是否有所需之材料與相關尺寸及規格；是否有完好之銷售體系等因素，皆須被考量周備。因此，除了儘速制定適合國內的冷軋型鋼構件設計規範外，施工法及施工標準的配合制定，亦為在推展冷軋型鋼為建築材料時，一項不可缺少的重點項目。

5.8 規範推廣與施工體制建立

目前台灣正走向已開發國家的行列，人工價錢高漲，人力資源短缺乃時所必趨，再加上水泥的開採設限與設廠製造對環境的衝擊，以及砂石的短絀，面對民眾環保意識的不斷提高的時代，在在顯示出，使用具環保且可回收的鋼材做為建築材料，似乎是台灣未來建築發展的一個重要趨勢。再者，未來二氧化碳排放量的管制，水泥在製造生產與用於營建時所產生的環保問題，以及RC建築物在拆除重建時的困難，目睹現今政府正規劃推動「綠建築」的同時，採用鋼結構似乎是一種時代趨勢。

國內應用冷軋型鋼於建築物的情況也日益普遍，冷型鋼構件使用的範圍愈來愈廣。儘管冷型鋼在台灣建築業界被採用的頻率正逐漸升高之中，但一般相關業界卻不予以重視。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，施工人員對冷型鋼相關知識的匱乏，導致業界對冷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，因技術與行政分行的政府措施，各地方建營單位在建築師簽證後即可申請營建執照而過關；就算建營單位要求結構計算書，建築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。

因此，如何建立營建業(含製造、設計與營造業者)對冷軋型鋼相關規範及標準的認知，則是需做好推廣及教育的工作，先期可辦理短期教育課程與召開工程研討會，同時為了發展適合本土之規範及標準，建議先期由政府主導並提出資源，以鼓勵國內產學界對冷軋型鋼的相關研究。當然，除了宣傳規範及標準的應用外，“施工體制”的建立與發展亦應為在未來計畫的規劃名單上。而施工體制架構的建立基本上可從下列事項做起：(1)訂定施工訓練體制；(2)訂定施工協助體制；(3)施工機械與工具的發展。因此，在目前冷軋型鋼已漸漸地被廣泛使用的情況下，結合產、官、學三方共同的力量，才可使國內冷軋型鋼的製造、設計與營造導入正常的制度之內。

參考文獻

1. American Iron and Steel Institute, 1996, “Cold-Formed Steel Design Manual”, 1996 Edition.
2. American Iron and Steel Institute, 1997, “Prescriptive Method for Residential Cold-Formed Steel Framing”, Second Edition.
3. Architectural Institute of Japan. 1985, “Recommendations for the Design and Fabrication of Light Weight Steel Structures”.
4. Baehre, R., 1983, “Cold-Formed Steel Structural Elements, Development in Design and Application”, Instability and Plastic Collapse of Steel Structures, Ed. L.J. Morris, Granada.
5. British Standards Institution, 1987, “British Standards: Structural Use of Steelwork in Building. Part 5. Code of Practice for Design of Cold-Formed Sections”, BS 5950.
6. Standards Association of Australia, 1988, “SAA Cold-Formed Steel Structures Code”, AS 1538.
7. Steel Construction Institute, 1993, “Building Design using Cold-Formed Steel Sections : Worked Examples to BS 5950 : Part 5 : 1987.
8. SDI, Steel Deck Institute, 1987, “Design Manual for Composite Decks”, Form Decks and Roof Decks, Canton, Ohio.
9. Yu, W.W., 1991, “Cold-Formed Steel Design”, New York: John Wiley.
10. 經濟部中央標準局, 1995, “中國國家標準分類目錄”.
11. 內政部營建署, 1998, “最新建築技術規則”, 詹氏書局.
12. 營建雜誌社, “鋼構造建築物鋼結構設計技術規範”.
13. 增田治雄, 1997, “日本在鋼構住宅之技術現況與展望”, 第十八屆中日工程技術研討會, 台北.

附 錄 一

表一 熱軋鋼與冷型鋼強度需求及載重組合比較

設計方法 類別	ASD	
	冷型鋼	熱軋鋼
強度需求	$R = R_n / \phi$ R = 需求強度 R_n = 標稱強度 ϕ = 安全係數 R_n / ϕ = 容許設計強度	$Q_i = R_n / FS$ Q_i = 有效載重 R_n = 標稱強度 FS = 安全係數
載重組合	D D+L+(L _r or S or R _r) D+(W or E) D+L+(L _r or S or R _r)+(W or E)	D+L' (D+L'+W)×0.75* (D+L'+E)×0.75* D - W D - E L' = L+(L _r or S or R)
	註解： D = 靜載重 L = 活載重 L _r = 屋頂靜載重 S = 雪載重 R _r = 屋頂雨載重 W = 風力 E = 地震力	

表二 熱軋鋼與冷型鋼強度需求及載重組合比較表

設計方法 類別	LRFD	
	冷型鋼	熱軋鋼
強度需求	R_u ΦR_n R_u = 需求強度 R_n = 標稱強度 Φ = 強度折減係數 ΦR_n = 設計強度	$\gamma_i Q_i$ $\Phi_i R_n$ Q_i = 標稱載重 γ_i = 載重放大係數 R_n = 標稱強度 Φ_i = 強度折減係數
載重組合	1.4D+L 1.2D+1.6L+0.5(L _r or S or R _r) 1.2D+1.6(L _r or S or R _r)+(0.5L or 0.8W) 1.2D+1.3W+0.5L+0.5(L _r or S or R _r) 1.2D+1.5E+0.5L+0.2S 0.9D - (1.3W or 1.5E)	1.4D 1.2D+1.6L+0.5(L _r or S or R) 1.2D+1.6(L _r or S or R)+(0.5L or 0.8W) 1.2D+1.3W+ 0.5L+0.5(L _r or S or R) 1.2D±1.0E+ 0.5L+0.2S 0.9D±(1.3W or 1.0E)
	註解： D = 靜載重 L = 活載重 L _r = 屋頂靜載重 S = 雪載重 R _r = 屋頂雨載重 W = 風力 E = 地震力	

表三

** 本問卷適合於冷型鋼製造業者 **

【問題】（請於下列之 中選擇適當者打√）

1. 主要製品類型 (可複選)

鋼板 或鋼片	鋼胚	熱軋型鋼	冷型鋼
--------	----	------	-----
2. 鋼板 鋼片 製品厚度 (可複選)

0.76mm	0.92mm	1.0mm	1.2mm	1.5mm
1.6mm	2.0mm	2.3mm	2.8mm	3.2mm
4.0mm	4.5mm	其他_____		
3. 是否有生產冷型鋼相關產品

是	否 (填否者4-9題無需作答)
---	-----------------
4. 產品種類 (可複選)

輕型角鋼 - angle	C形輕型鋼 - channel	輕型Z形鋼
摺版 鋼承版 - deck	琺版 屋頂版；牆版 - roof panel or wall cladding	
C形鋼I型組立	C形鋼箱型組立	其他_____
5. 產量最大者

輕型角鋼 - angle	C形輕型鋼 - channel	輕型Z形鋼
摺版 鋼承版 - deck	琺版 屋頂版；牆版 - roof panel or wall cladding	
C形鋼I型組立	C形鋼箱型組立	其他_____
6. 冷型鋼製品厚度 (可複選)

0.76mm	0.92mm	1.0mm	1.2mm	1.5mm
1.6mm	2.0mm	2.3mm	2.8mm	3.2mm
4.0mm	4.5mm	其他_____		
7. 為何生產該類型產品

市場需求	公司政策	模具因素	其他_____
------	------	------	---------
8. 目前所採用冷型鋼之製造規範

美國	英國	歐洲	日本	澳洲	其他_____
----	----	----	----	----	---------
9. 未來市場佔有率最高者可能為何

輕型角鋼 - angle	C形輕型鋼 - channel	輕型Z形鋼
摺版 鋼承版 - deck	琺版 屋頂版；牆版 - roof panel or wall cladding	
C形鋼I型組立	C形鋼箱型組立	其他_____
10. 是否需國內制定相關規範

是	否 (填否者以下無需作答)
---	---------------
11. 構件強度設計規範需求

非常急迫	急迫	需要	可有可無	不需要
------	----	----	------	-----
12. 建築設計規範需求

非常急迫	急迫	需要	可有可無	不需要
------	----	----	------	-----
13. 建築法規修定需求

非常急迫	急迫	需要	可有可無	不需要
------	----	----	------	-----
14. 其他建議：

表四

** 本問卷適合於冷型鋼設計業者 **

【問題】（請於下列之中選擇適當者打√）

1. 是否曾在設計建築物中使用冷型鋼材料
是 否（填否者2-11題無需作答）
2. 採用冷型鋼之原因（可複選）
業主要求 結構需要 施工快速 價錢因素
重量考量 無規範要求易於設計 其他_____
3. 建築物中設計過冷型鋼材料者為下列何種型態（可複選）
公寓住宅 透天住宅 工廠 休閒事業建築 商用大樓
購物商場 增建物 假設工程 其他_____
4. 設計冷型鋼構造部位（可複選）
結構樑 結構柱 樓版 隔版
屋頂版 隔間柱 其他_____
5. 委託設計單位（可複選）
建設公司 廠商 公家機構 私人業主 其他_____
6. 採用冷型鋼設計規範
美國 英國 歐洲 日本 澳洲 其他_____
7. 設計鋼料類型（可複選）
輕型角鋼 - angle C形輕型鋼 - channel 輕型Z形鋼
摺版 鋼承版 - deck 嵌版 屋頂版；牆版 - roof panel or wall cladding
C形鋼I型組立 C形鋼箱型組立 其他_____
8. 冷型鋼構件設計厚度（可複選）
0.76mm 0.92mm 1.0mm 1.2mm 1.5mm
1.6mm 2.0mm 2.3mm 2.8mm 3.2mm
4.0mm 4.5mm 其他_____
9. 設計冷型鋼尺寸之考慮因素
配合工廠鋼材尺寸 因結構需要要求工廠製造 其他_____
10. 接合方式（可複選）
焊接 自轉 自攻 螺絲(self-tapping screw)
螺栓 其他_____
11. 未來市場佔有率最高者可能為何
輕型角鋼 - angle C形輕型鋼 - channel 輕型Z形鋼
摺版 鋼承版 - deck 嵌版 屋頂版；牆版 - roof panel or wall cladding
C形鋼I型組立 C形鋼箱型組立 其他_____
12. 是否需國內製定相關規範
是 否（填否者以下無需作答）
13. 構件強度設計規範需求
非常急迫 急迫 需要 可有可無 不需要
14. 建築設計規範需求
非常急迫 急迫 需要 可有可無 不需要
15. 建築法規修定需求
非常急迫 急迫 需要 可有可無 不需要
16. 其他建議：

表五

** 本問卷適合於冷型鋼營造業者 **

【問題】（請於下列之 中選擇適當者打√）

1. 是否曾在承包之建築物中有施工冷型鋼
是 否（填否者2-10題無需作答）
2. 建築物中施工過之冷型鋼材料者為下列何種型態工程（可複選）

公寓住宅	透天住宅	工廠	休閒事業建築	商用大樓
購物商場	增建物	假設工程	其他_____	
3. 施工冷型鋼構造部位（可複選）

結構樑	結構柱	樓版	隔版
屋頂版	隔間柱	其他_____	
4. 發包單位（可複選）

建設公司	廠商	公家機構	私人業主	其他_____
------	----	------	------	---------
5. 採用冷型鋼施工規範

美國	英國	歐洲	日本	澳洲	其他_____
----	----	----	----	----	---------
6. 施工鋼料類型（可複選）

輕型角鋼 - angle	C形輕型鋼 - channel	輕型Z形鋼
摺版 鋼承版 - deck	嵌版 屋頂版；牆版 - roof panel or wall cladding	
C形鋼I型組立	C形鋼箱型組立	其他_____
7. 冷型鋼構件設計厚度（可複選）

0.76mm	0.92mm	1.0mm	1.2mm	1.5mm
1.6mm	2.0mm	2.3mm	2.8mm	3.2mm
4.0mm	4.5mm	其他_____		
8. 冷型鋼尺寸之考慮因素

配合工廠鋼材尺寸	因結構需要要求工廠製造	其他_____
----------	-------------	---------
9. 接合方式（可複選）

焊接	自轉 自攻 螺絲(self-tapping screw)
螺栓	其他_____
10. 未來市場佔有率最高者可能為何

輕型角鋼 - angle	C形輕型鋼 - channel	輕型Z形鋼
摺版 鋼承版 - deck	嵌版 屋頂版；牆版 - roof panel or wall cladding	
C形鋼I型組立	C形鋼箱型組立	其他_____
11. 是否需國內製定相關規範
是 否（填否者以下無需作答）
12. 構件強度設計規範需求

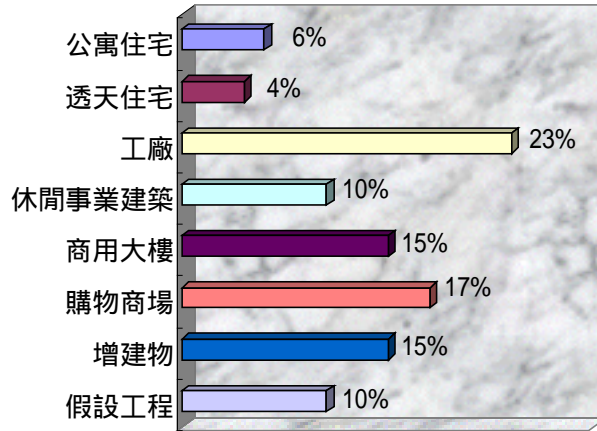
非常急迫	急迫	需要	可有可無	不需要
------	----	----	------	-----
13. 建築設計規範需求

非常急迫	急迫	需要	可有可無	不需要
------	----	----	------	-----
14. 建築法規修定需求

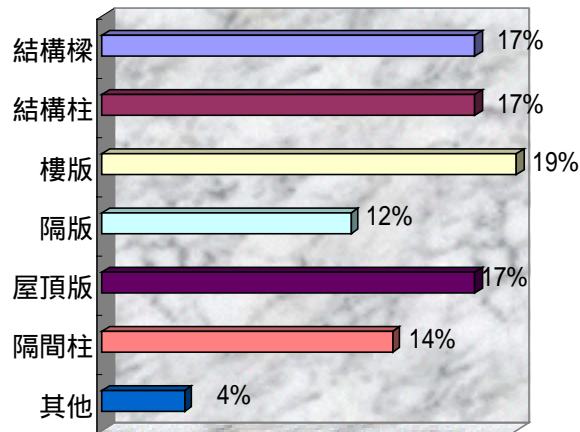
非常急迫	急迫	需要	可有可無	不需要
------	----	----	------	-----
15. 其他建議：

附 錄 二

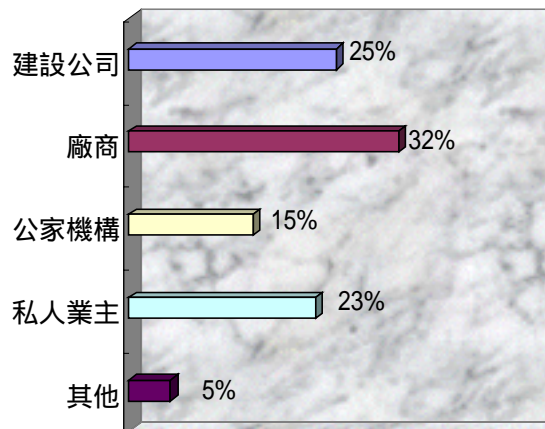
施工過具有冷型鋼材料之建築物型態



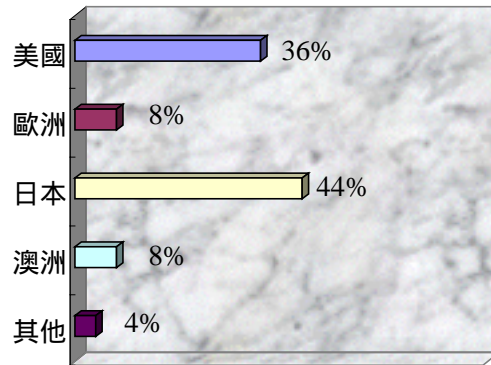
施工冷型鋼構造部位



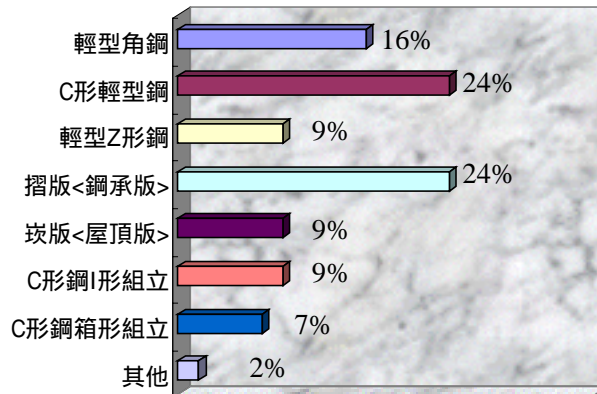
發包單位



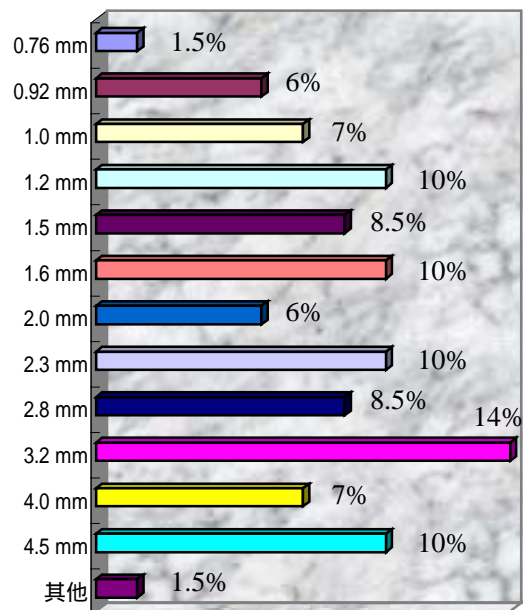
採用冷型鋼施工規範



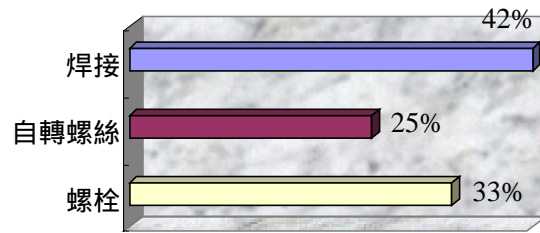
施工鋼料類型



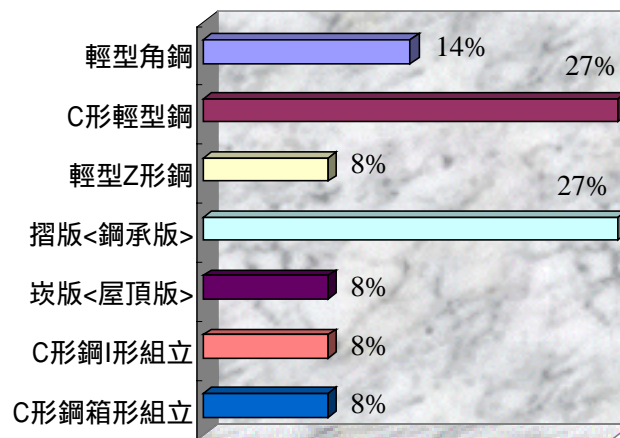
冷型鋼構件厚度



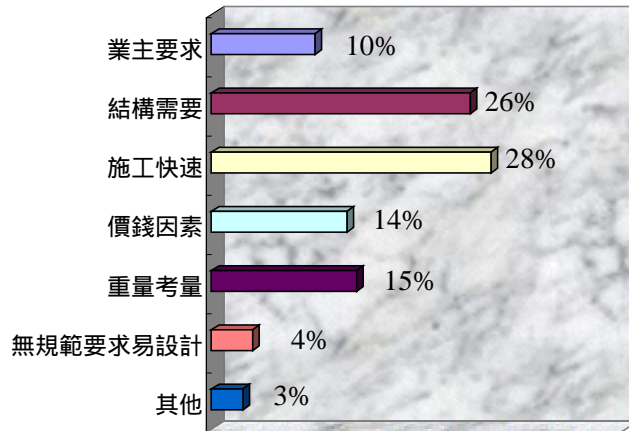
接合方式



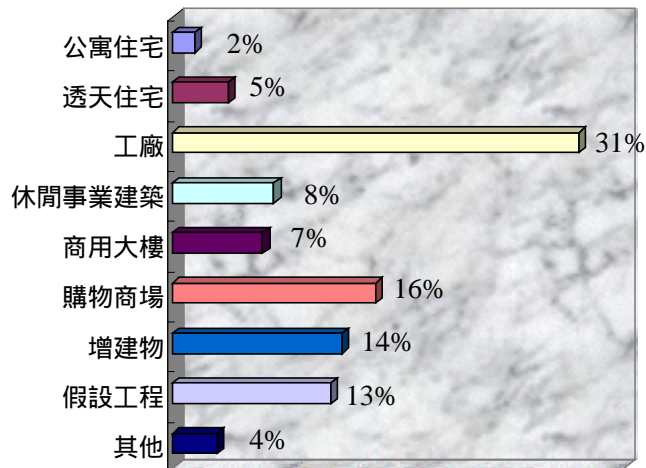
未來市場佔有率最高者可能為何



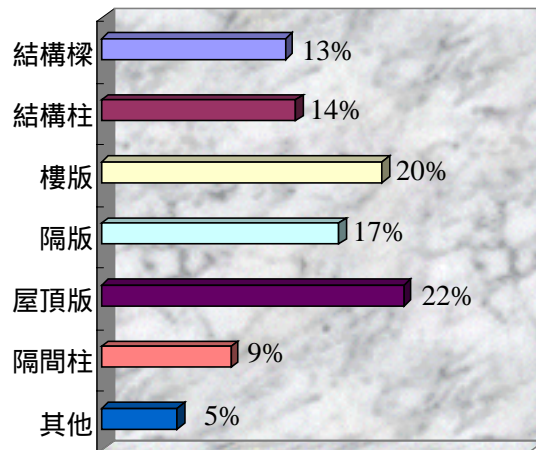
採用冷型鋼之原因



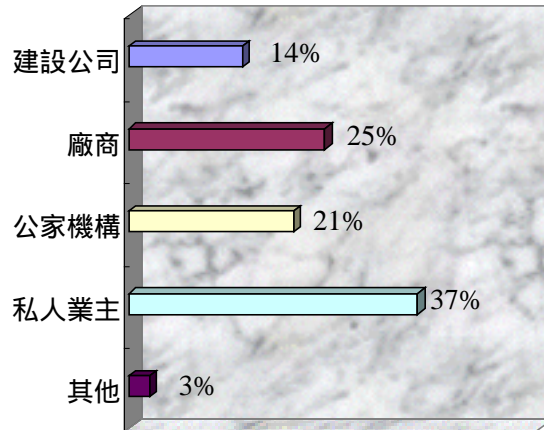
設計冷型鋼材料之建築物型態



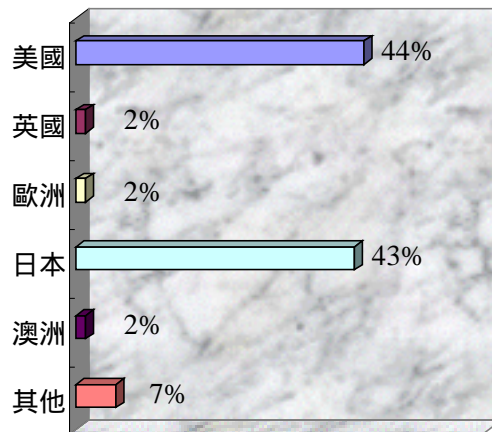
設計冷型鋼構造部位



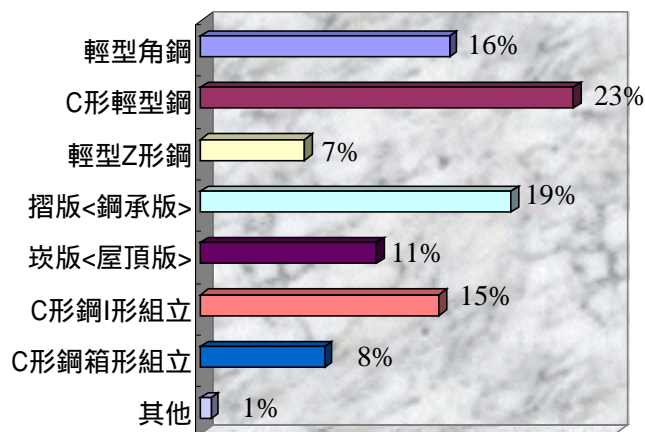
委託設計單位



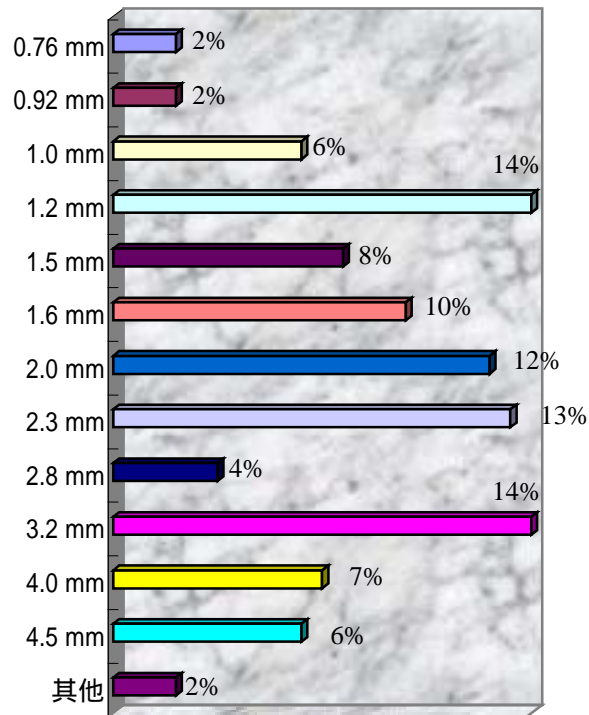
採用冷型鋼設計規範



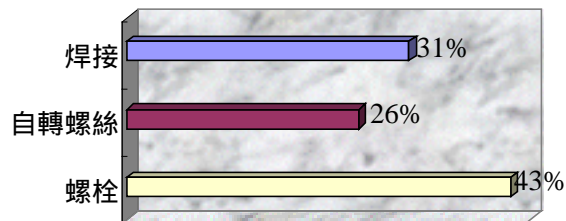
設計鋼料類型



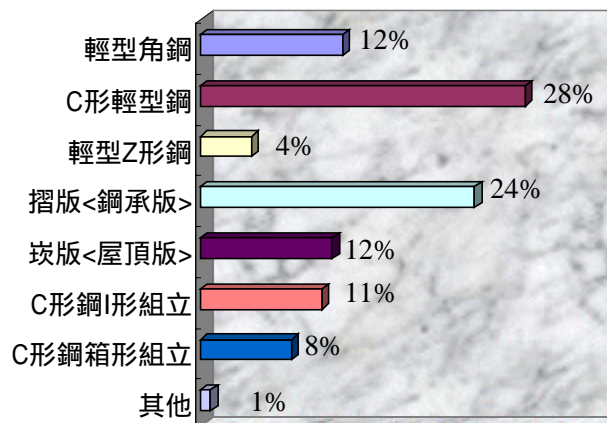
冷型鋼構件設計厚度



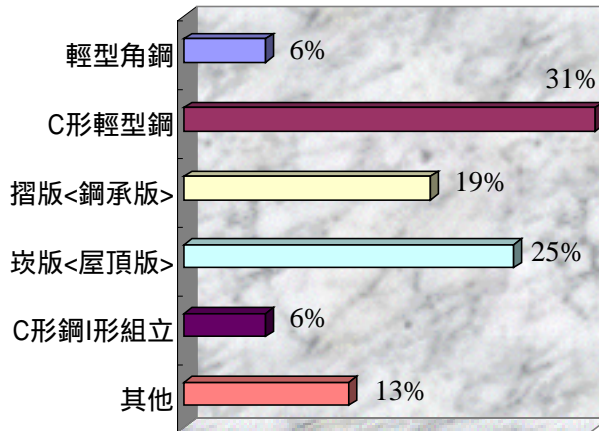
接合方式



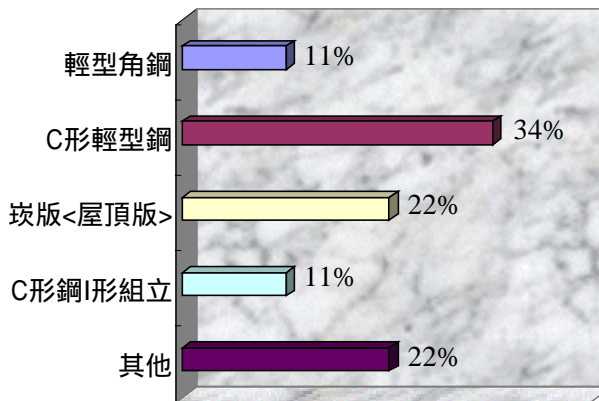
未來市場佔有率最高者可能為何



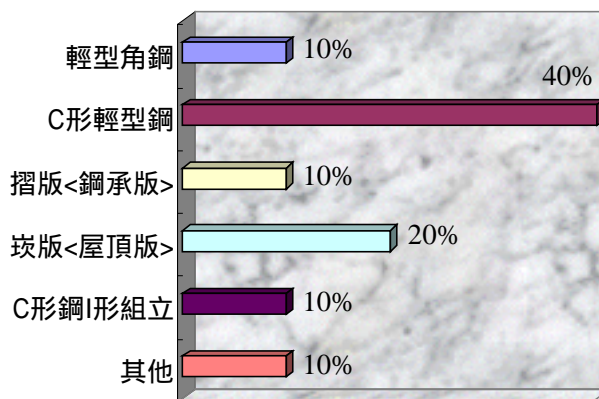
產品種類



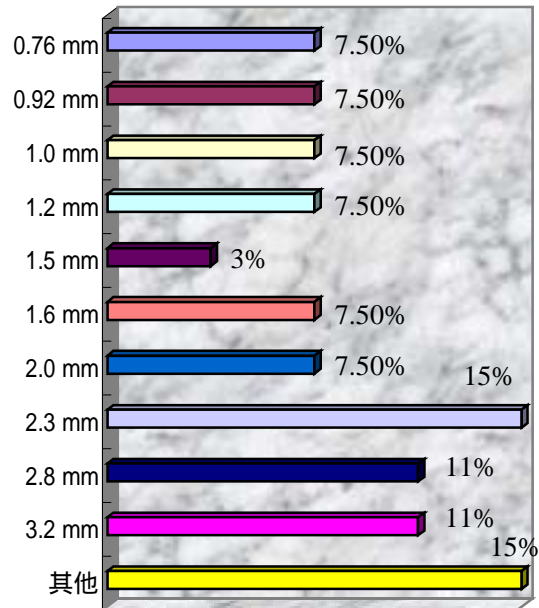
產量最大者



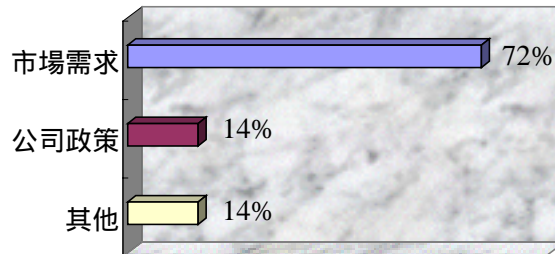
未來市場佔有率最高者可能為何



冷型鋼製品厚度



為何生產該類型產品



目前所採用冷型鋼之製造規範

