

台灣冷軋型鋼技術用於中高層建築之可能性研究

Research on the Possibility of Cold-Formed Steel Framing Construction Used in Medium and High-Rise Buildings in Taiwan

建築師 劉瑞豐 博士
劉瑞豐建築師事務所 所長
國立雲科技大學助理教授

摘要

冷軋型鋼結構(CFSF)體系,在歐美、澳洲和日本等地區的建築中已得到廣泛應用。與傳統建築相比,冷軋型鋼建築具有強度高、結構自重輕;構件截面積小,有效空間大;材料均勻,塑性、韌性好,抗震性能好;建築空間佈置靈活、設計施工週期短、工廠生產化程度高;可省人力、市場競爭力、綜合經濟效益好;大部分材料可回收和再生;易於實現房屋的規模化生產和產業化等優點。在台灣人多地少,可利用興建土地資源有限,而冷軋型鋼產量相對充裕的情況下,若能朝向冷軋型鋼結構建築具有重要意義。

冷軋型鋼建築在國外主要用作3層以下的別墅、公寓及其他低層住宅,高於3層的建築也不多見。但最近美加地區有將冷軋型鋼房屋體系用於3層以上中高層建築的情況。如,加拿大溫哥華建有6層冷軋型鋼住宅,也有將冷軋型鋼板肋結構體系應用到8層旅館的實例。美國有用冷軋型鋼房屋體系建成的6層公寓,俄亥俄州還建造了6層和9層的輕鋼住宅。自從國外引進低層冷軋型鋼房屋體系,主要用於建造1~3層的獨棟住宅。低層冷軋型鋼房屋體系在台灣建築結構的應用尚屬剛起步、正在應用階段中,對於中層、高層建築結構的研究應用幾乎空白。

從發展形勢看,國外在冷軋型鋼應用於中高層建築中,應用已經十分成熟,並有許多成熟的技術,可做為台灣發展中高層冷軋型

鋼房屋體系發展具有很高的參考價值。因此,提出台灣冷軋型鋼技術用於中高層建築之可能性研究之目的。而且冷軋型鋼結構,易於工廠規模生產和標準化、系列化,降低興建成本,經本研究評估結果,在中高層能利用先進的電腦輔助設計(CAD)和電腦輔助製造(CAM)技術,能及時、全面滿足用戶對住宅的設計要求,效率高,報價快,造價低,供貨迅速。因為這類建築體系具有工廠製造、工地安裝,施工速度快,可實現冷軋型鋼技術建築產業化的目標。

【關鍵字】組合結構體系;組合樓版;支撐體系;圍護結構;蒙皮效應

一、緒論

1.1 研究動機

傳統RC結構體系因材料和使用功能單一、能耗高、資源浪費大、抗震性能差、興建速度慢,越來越不適應現代社會的發展和人們生活品質日益提高的要求。因此,研究和推廣造型優美、結構性能優良、使用方便舒適、施工快速便利、造價合理的住宅建築體系,提高住宅建築的科技水平,滿足人民安居樂業的要求,具有重要的現實意義和應用價值。冷軋型鋼結構在住宅興建中具有獨特的優勢。目前,歐美各國採用冷軋型鋼結構體系建造的單層和中高層建築物占50%以上;日本新建的1~4層建築大都採用冷軋型鋼結構;而以色列居民定居點的住宅也是以冷軋型鋼結構為主。由於全球鋼鐵景氣逐步擴張,對鍍鋁鋅冷軋鋼運用在建築材料更廣闊(如圖1-1鋼鐵產業架構),可從冷軋型鋼結構在國外的發展歷程,由於環保意識的加強和木材短缺等因素,許多國家如美國、日本、英國、澳大利亞等,由冷軋型鋼結構住宅的應用與發展。

澳大利亞：早在 20 世紀 60 年代就提出了“快速安裝預製住宅”的概念，但由於市場尚未成熟，並未得到很好發展。到了 1987 年，高強度冷彎薄壁鋼結構出現，澳大利亞與紐西蘭的聯合規範 AS/NZS4600 冷彎成型結構鋼規範於 1996 年發佈實施。這種鋼材承載力高，與相同承載力的木材相比，只是木材的 1/3 重，表面經鍍鋅處理，在免大修的情況下，耐久性可達 75 年。在澳大利亞，每年約建造 6 億美元的冷軋型鋼龍骨獨立式住宅 120,000 棟，約占澳大利亞所有建築業務產值的 24%

美國：冷軋型鋼結構在美國發展最快，1965 年冷軋型鋼結構在美國僅占建築市場 15%；1990 年就上升到 53%，而 1993 年則已上升到 68%，到 2000 年已經上升到 75%。住宅用構件和部品的標準化、系列化，及其專業化、商品化、社會化程度很高，幾乎達到 100%，各種施工機械、設備、儀器等租賃化非常發達，商品化程度達到 40%，在美國，採用該體系建造的房屋從 20 世紀 90 年代中期的 55,000 棟遽增為 2000 年的 325,000 棟。目前這種冷軋型鋼結構已成為發達國家的主要建築結構形式。

目前正在積極發展中高層冷軋型鋼結構，是未來一般建築的發展趨勢，與其他材料的房屋相比較，具有強度高、自重輕；構件截面積小，有效空間大；材料均勻，塑性、韌性好，抗震性能好；並具有製造簡單，施工週期短；節能、環保 5 個方面的特點。中高層冷軋型鋼結構作為一種新型建築材料，在國外發達國家的民用建築方面已被廣泛的應用，而且已開始逐步取代非綠色建築材料，成為一般住宅建築材料的主體。在日本新建 1~4 層一般建築大都採用鋼結構，占房屋建築結構的 50%。在英國新建的非居住類房屋建築中，90%的單層和 60%的中高層建築都採用冷軋型鋼結構。2000 年在美國近乎有 20 萬

棟的冷軋型鋼結構建築，占住宅建築總數的 20%。

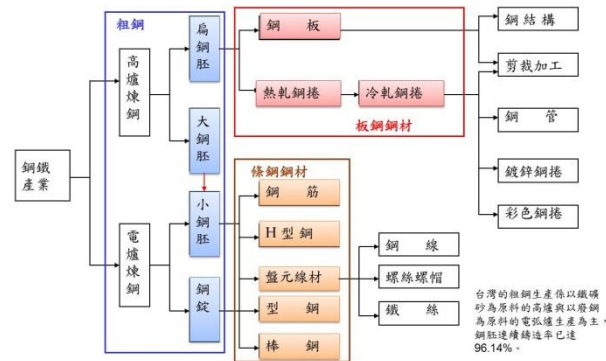


圖 1-1 鋼鐵產業架構

1.2 研究目的

(一)、台灣自從 921 集集大地震後，在台灣引進冷軋型鋼結構工法，發展至今，大多數人觀念斷面太小、構造太輕，僅適合用於低層建築或獨棟住宅而已。本人從事冷軋型鋼構造設計多年，目前還有幾件建築案正在陸續設計中，並隨時關注國外對冷軋型鋼構造技術研究與發展，發覺國外已朝向高層化建築中，每年以倍數成長，興建高度越來越高層。為了突破國內現況應用仍在於低層建築，展開研究對冷軋型鋼技術用於台灣中高層建築是否可能性，亦宜有制度化之配合措施，使台灣該工法技術能力與世界接軌同步發展。

(二)、在國內建築皆沒有相關中高層冷軋型鋼結構的設計資料與數據來支撐這類建築的設計與結構計算基礎，及又沒施工興建過案例可參考情況下。如何發展中高層冷軋鋼構造在各相關規定要件衡量下應注意哪些；如在設計時應注意有哪些要素；在結構安全性需求哪些；型鋼均在工廠成型組合成半成品後載運至建地現場組合其生產、製造、加工之能力為何；型鋼材料在防腐蝕性、斷面大小、材料強度等性能為何；在經濟方面如建造成本、維護管理、使用年限等因素影響為何；對該構造體之隔音、防火保溫、斷熱等環境而言為何；施工組裝方面對該工法在整體品

質管制、構件安裝精度、構配件規格等技術熟練度為何；整個過程中應考慮哪些層面；引起本研究構想，並參考國外中高層冷軋型鋼這方面研究文獻與資料，透過層級分析法進行專家學者問卷調查評估分析之後，最後提出說明探討該工法運用於國內中高層建築結構之可行性為何之結論與建議。

1.3 研究範圍

有關冷軋型鋼結構與其他結構類型組合建造時建築高度和層數的要求，不同國家規範的規定差異較大，且國內某些構造方式高度和層數限制之間也有存在差異。依台灣在現有建築法規架構下，係指高度在五十公尺或十六層以下中高層建築物為研究範圍，對於國內冷軋型鋼構造技術用於中高層建築之可能性？問題所在如表1-1所述需核心問題，另外如何對於組合式結構建造時的設計技術要求提供理論依據和技術支援，開展了本研究。

表1-1中高層冷軋型鋼構造技術在台灣所面對的主要核心問題整理

中高層冷軋型鋼構造(CFSF)技術在我國所面對的主要核心問題			
層面	類別	專業	核心問題
技術層面	主要技術癥結	結構	垂直荷載
			水平荷載
		防火	高度限制
			構件防火時效
	一般技術問題	隔熱	防火區劃
			隔熱性能
		隔音	隔熱分區
			固體傳聲
建築配套	配套產業化		
	集成技術整合		
經濟層面	實質乃為技術問題	成本經濟指標	預測成本遠高於傳統產品
市場層面	主要市場障礙	行銷戰略	目標市場的確定

1.4 研究方法

(一)、文獻回顧法

本研究以文獻回顧國外相關學者所發表之文獻，來深入了解之方式，探討國內冷軋型鋼目前建築體系、經營型態與發展現況以及將冷軋型鋼結構定位能不能朝向中高層工法向上發展可能性，並且依據國外發展歷程來對應國內冷軋型鋼結構高度時所必須考量之

影響因素，來作為層級分析法中各項考量層面與考量因數初步擬定之依據，提出建議修正冷軋型鋼建築設計規範，並探討層級分析法 (Analytic Hierarchy Process；簡稱AHP法)，作為本次研究的方法與分析之工具。

(二)、層級分析法

層級分析法之運用則是希望能夠將本研究之議題有系統的予以分解，並且將架構中各項考量因數做成對之重要性比較，以剖析其各項考量因數間之重要性順序。如此的調查分析方式不僅可以簡化其議題之複雜性，還能以量化的方式讓專家學者能夠以更明確及更客觀的方法，針對各層面與因數做明確之評比。然而層級分析法對各項議題之評比，仍然是以判斷者之主觀意念來做出重要性的判斷。及依照信度 (Reliability) 指個別題目之可信度，亦即衡量結果之一致性或穩定性。

1.5 研究流程

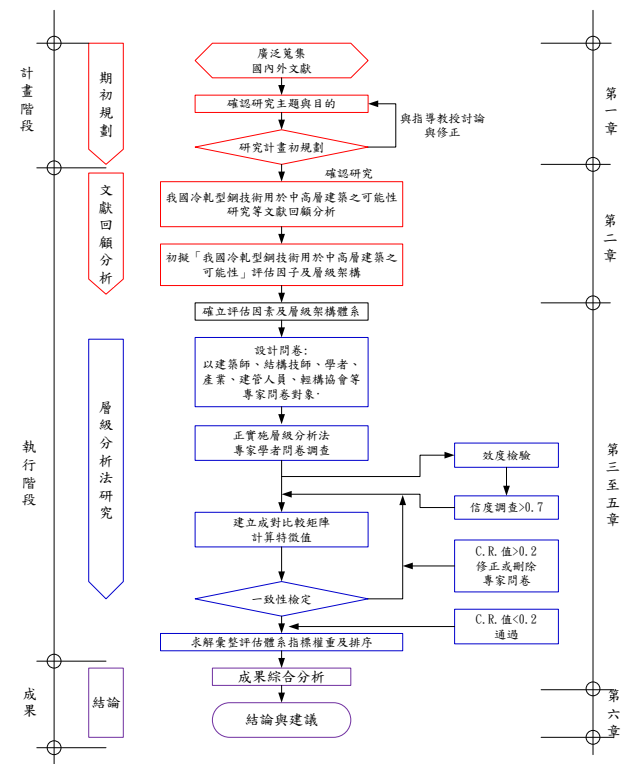


圖 1-2 研究流程

二、文獻回顧

當前，台灣冷軋型鋼建築產業現代化發展基礎性研究工作開展不夠，相關建築產業化的建築體系與部品技術的研究與技術開發明顯滯後，阻礙了冷軋型鋼建築產業現代化的進程。冷軋型鋼建築產業化仍在較低的水準上徘徊，存在技術標準不全面、部品之間缺乏介面協調、沒有與冷軋型鋼建築工業化相配套的國家現行標準與冷軋型鋼建築體系等問題，阻礙了冷軋型鋼建築產業化進程，導致建築普遍存在品質問題。在台灣尚未研發中高層冷軋冷軋型鋼建築體系，本研究相關國內文獻有限，只能參酌國外冷軋型鋼建築發展與研究文獻 Journal of thin wall structure、Cold-Formed Steel Engineers Institute、Cyclic behavior and energy dissipation of thin-walled cold-formed steel framing members and connections 及 Center for cold-formed steel structures library 等資料庫，來探討本研究文獻回顧。

2.1 冷軋型鋼中高層結構趨勢

2.1.1 冷軋型鋼中高層結構之探討

依據

Q. Chen, Y. J. Shi, Y. Q. Wang, H. Chen, Structural analysis of multi-storey light-weight civil buildings, (2001) 所論述中提到，近年來冷軋型鋼結構在國外的發展很快，其中包括中高層冷軋型鋼結構建築和含夾層的門式剛架建築。在這些結構當中樓版的合理選擇對整個結構的安全性、經濟性顯得至關重要，它不僅起到將豎向荷載傳給樑柱，保證抗側力結構的空間協同作用，而且還影響到建築的使用功能和造價以及施工的進度，因此在確定中高層冷軋型鋼結構樓版的方案時，應主要考慮以下幾點要求：

1. 保證樓版有足夠的平面整體剛度。

在現代中高層建築中由於其功能複雜，體

系多樣且高度較大，為有效地抵抗水平地震及風荷載的作用，樓版必須有足夠的剛度，防止結構因較大的變形而發生整體失穩破壞。

2. 減輕樓版結構的自重及減小樓版結構層的高度。

在傳統的梁板結構形式中，梁高占建築的層高較多，選擇適宜的組合樓版形式，可以有效地減小構件截面尺寸，增大使用空間，減輕結構自重。

3. 有利於現場安裝方便及快速施工。

由於鋼結構的製作安裝是工業化程度很高的一種結構形式，因此在設計時要考慮施工中盡可能不採取傳統範本支模拆模的繁瑣作業，以免影響鋼結構施工進度。

4. 較好的防火、隔音性能，並便於敷設動力、設備及通訊等管線設施。

樓版的設計在考慮結構安全性的同時，還應該充分考慮它的適用性，經濟性；使建築中管線的鋪設同樓版的形式緊密的結合起來，既節約了造價，也美化了環境。

2.1.2 冷軋型鋼中高層結構之定義

依據

K. J. Guan, X. W. Wang, S. M. Peng, Application and development of light steel structure in multi-storey buildings, (2001) 所論述中提到，冷軋型鋼結構體系組成：冷軋型鋼結構通常由基礎體系、支撐體系、以及承重體系、樓版體系、維護體系等部分組成。其中，基礎體系、支撐體系、承重體系以及樓版體系對冷軋型鋼結構最為重要，直接與結構的穩定性、安全性相關。

1. 基礎體系

在基礎體系而言，冷軋型鋼結構自重輕，對基礎要求相對較低，通常以柱下獨立基礎為主，當地基比較弱的時候，可以採用十字形或條形基礎。但由於各基礎之間彼此獨立，

因此，必須要考慮各個基礎之間的不均勻沉降問題，選擇基礎場地時，必須要對基礎的地質狀況進行必要的勘察、計算，確定採用何種基礎及尺寸大小，以避免不均勻沉降對整個結構的影響。

2. 支撐體系

冷軋型鋼結構柔性大，因此水平荷載對其影響很大，為了保持結構的穩定性，就必須要在柱間佈置支撐體系，通常有單斜桿型、X型、人字或倒人字型、W或倒W型以及偏心支撐等形式，每一種形式的承载力也各不相同，在設計中，通常是根據結構所承載的水平作用力的大小，採用類比試驗的方式進行選擇。

3. 承重體系

依據 P. Guo, Experimental and theoretical study on shear behavior of cold-formed steel frame walls, (2008) 所論述中提到，冷軋型鋼中承重結構直接與建築物的使用功能相關，通常說來，冷軋型鋼結構承重體系主要有純冷軋型鋼體系、純鋼框架體系、框架-支撐體系、鋼框架-混凝土剪力牆體系、框架-核心筒體系、周圍抗側力體系等多種體系，每一種結構體系的適用範圍各不相同，在實際設計中，必須根據總的功能需要及建築要求選擇合適的結構體系，如單層大跨度的工業廠房、超市、倉庫，就選用門式鋼架結構體系。

4. 樓版體系

最後，為了確保冷軋型鋼結構的整體穩定性，樓版必須體系必須要慎重。在進行樓版設計時，樓版主次梁必須通過結構措施與樓板板緊密相連，以確保鋼樑的整體穩定性。樓版的材料，目前主要有現澆鋼筋混凝土樓版、樓承鋼板為模板與現場澆置鋼筋混凝土組合樓版、預製輕質混凝土版等。這些材料中，樓承鋼板-現澆鋼筋混凝土組合樓版兼具兩種材料的優點，因此應用的比較廣泛。

2.1.3 冷軋型鋼中高層之規劃設計

依據 K. J. Guan, X. W. Wang, S. M. Peng, Application and development of light steel structure in multi-storey buildings, (2001) 所論述中提到，冷軋型鋼結構輕量化設計要點；為了展現冷軋型鋼結構的特點，進一步提高冷軋型鋼結構的性能，在設計的時候必須注重輕量化設計，減輕結構自重。而隨著結構重量的降低，水平荷載對結構的影響加大，因此輕量化設計與提高結構剛度必須同時進行，具體如下：

1. 合理選擇材料及其形式

減輕結構自重首先要從維護結構上著手。為了降低重量，可以採用防水、圍護、裝飾一體化的輕質多功能新型屋面、牆體材料。目前，這些材料都已經實現了標準化生產，使用方面，並且大大降低了結構的自重。所有這些材料、裝置均形成一整套的系列化標準化配套產品，使用方便靈活，最重要的是使重力荷載大為減輕。

為了最大發揮鋼材性能，鋼材的截面形狀必須予以充分考慮。依據材料力學，截面材料離截面形心越遠，其截面慣性矩就越大，其抗彎剛度和結構的抗側剛度也就越大，這樣，材料的性能就能得到最大的發揮，因此，在實際工程中，對於重要的承重部件以及支撐部件，通常採用薄壁寬肢的U型、C形、Z形和H形截面等形式，以提高結構的剛度和穩定性。

2. 提高結構的側向剛度

依據 W. X. Li, Analysis of steel content in small high-rise building with shear wall structure, (2009) 所論述中提到，冷軋型鋼結構重量輕，柔性大，對結構產生影響的主要不是重力荷載，而是水平荷載。在水平荷載作用下，鋼架、屋架、檁條的內力容易發生變化，甚至會出現比較極端的情況，

即拉桿變為壓桿，這樣，結構的穩定性和可靠性就會大大降低，為此，必須採用必要的結構措施來提高結構的側向剛度，具體如下：首先，如上所述，在柱間設置單斜桿型、X型、人字或倒人字型、W或倒W型以及偏心支撐等；其次，當檁條跨度 $4M < L \leq 6M$ 時，要在離檁條上翼緣 $1/3$ 腹板高度處設置一道拉條，同時屋脊和簷口檁條間要設置撐桿和斜拉條。再次，在梁下翼緣及柱內翼緣設置隅撐提高梁下翼緣以及柱內翼緣抗壓能力，從而提高梁下翼緣以及柱內翼緣的整體穩定性。

2.1.4 冷軋型鋼中高層之生產體系

依據 Chao. Zhou, Study on wall calculation method of new light steel keel system, (2006) 所論述中提到，美國在冷軋型鋼結構體系的分析、設計計算的理論和方法及製造工藝上已經非常完善，開發了多種專利產品，其專用的設計軟體可在短時間內完成設計、繪圖、工程量統計及工程報價，在製作上也實現了高度的標準化及工廠化，國外設有專門生產單元式建築的公司。瑞典是當今世界上最大的冷軋型鋼結構製造國。其冷軋型鋼結構住宅中預製構件數量達 95。目前在鋼結構住宅體系上，國外已開發了鋼結構工業化生產體系，並不斷提升住宅產品的性能指標。而且國外的研究已進入對住宅體系靈活性、多樣性研究，進而擴大適應面和產生規模效應。例如，日本的三澤住宅以“百年住宅”的概念，英國的以“建築生產反思”的觀念等使住宅產業化的實現體現出：以模數化構建標準化，以標準化推動工業化，以工業化促進產業化。

依據 Y. M. Xu, Multi-storey steel structure residential structure design expert system (MSR-ES), (2006) 所論述中提到，冷軋型鋼結構建築施工週期短，易於實現建築產業集成化和產業化，工業化程度

高、構件標準化，工現場僅需簡單的安裝即可成型。施工現場工作量相對減少，營建工程機械化程度得到了提高，快了施工速度，工週期縮短。施工週期短，可縮短資金佔用週期，提高投資效益。冷軋型鋼產業化的必要發展趨勢

1. 建築構成部品化

建築部品是指在工廠裡完成的、具有規定功能的、在施工現場直接配套安裝的建築的組成部分。建築部品化是建築工業化生產的具體表現，建立建築部品體系是推動建築產業化的重要保證，是提高建築興建品質和效率的最有力措施。

2. 主體結構體系通用化

建築工業化的發展方向是通用體系化，設計人員可從中任意選用產品進行設計，在保持通用化發展的前提下，多樣化的專用建築體系也具有相當大的市場。

3. 現場施工合理化

國外經過幾十年的實踐，現澆與裝配式結構這兩種施工方法的優缺點都得到了充分的顯示。目前許多國家都根據各國的具體情況，採用預製與現澆相結合的方法，從而獲得最佳經濟效益和建築構造技術處理效果。

4. 電腦應用網路化

依據 Design and application of low-rise multi-story light steel structure residential buildings, (2004) 所論述中提到，由於電腦的普及，可以通過電腦網路將工廠生產和現場施工有機聯繫起來，大大提高建築興建過程中的生產工廠化和施工機械化間的協調統一，從而快速推進建築產業化的發展。大部分企業還沒有建立起工程資訊網路，這也直接影響建築產業化的發展。

總之，發展冷軋型鋼結構建築，進一步形成冷軋型鋼結構建築產業化，是建築產業發

展的目標。

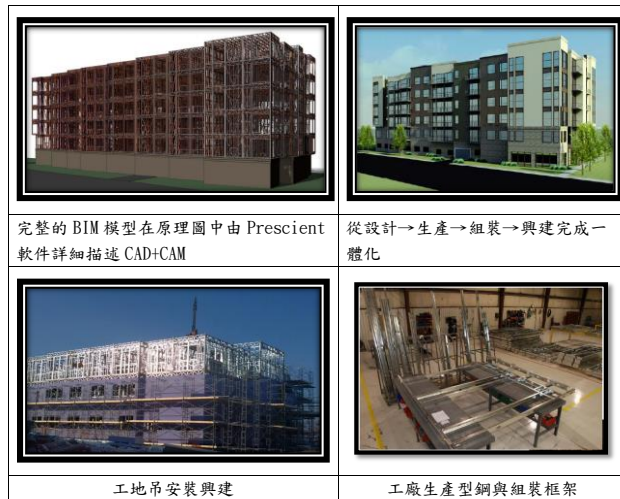


圖 2-1 美國冷軋型鋼從 CAD+CAM 一體化生產

2.2 中高層冷軋型鋼之特性

依據

D. Z. Liu, G. Y. Shi, Z. P. Hao, W. D. Huang, Study on seismic behavior of cold-formed thin-wall steel composite wall, (2013) 所論述中提到，冷軋型鋼結構分析及輕量化設計，冷軋型鋼結構的特點分析：

1. 具有強度高、自重輕；構件截面積小，有效空間大；材料均勻，塑性、韌性好，抗震性能好；並具有製造簡單，施工週期短；節能、環保 5 個方面的特點。
2. 材料規格種類少，能夠標準化生產。冷軋型鋼結構變大型部件為梁、柱、板結構，部件的單位由大變小，部件的生產、運輸、吊裝更加輕便。而且部件的組裝空間的任意性強，能夠有效縮短施工週期，能夠提前投入使用。
3. 採用大空間結構，方便使用者根據需要對空間進行功能劃分。冷軋型鋼結構採用的是框架或框架剪筒式結構，並沒有事先規定功能區域，使用者可以根據自己的需要，對室內空間進行任意分割。
4. 有利於環保，冷軋型鋼結構的構件之間通常採用螺栓連接，拆裝方便，整個建築物

可在很短的時間內拆遷，損失極小，並且當建築物的全壽週期結束後，很少產生固體垃圾，有利於環保。

5. 冷軋型鋼結構具有良好的抗震性能。由於冷軋型鋼結構的柔性比較好，能夠很好地消耗地震能量，因此，在地震中，破壞極小，並且，由於現代冷軋型鋼結構自重更輕，材料簡單，即便在地震中發生很大的破壞，也不會導致很大的傷亡。

2.3 美加冷軋型鋼中高層結構建築體系之發展

依據 B. Q. Xia, Study on structure and performance of light steel keel composite bearing system, (2003) 所論述中提到，2001 年，美國、加拿大和墨西哥三國把以前版本的美國 AISI 規範和加拿大的 S136 規範合併在一起，形成了現行的北美《冷成型鋼構件設計規範》。

1. 美國的冷軋型鋼結構建築體系

美國像其他西歐國家一樣，冷軋型鋼結構主要用於低層建築建築，近些年來，美國也開始進行中高層冷軋型鋼結構建築體系的研發，最早一幢中高層冷軋型鋼建築於 1990 年開始設計，至目前總面積發展到約 300 萬 M^2 。並取得許多成熟的技術和經驗。

美國的中高層冷軋型鋼結構建築技術是一項綜合的技術，集冷軋型鋼結構、建築節能保溫、建築防火、建築隔音、新型建材、設計施工於一體的集成化技術，社會化分工明確，各種產品的生產商、施工方、設計方緊密合作，發展中高層冷軋型鋼結構建築技術，最關鍵的問題是其結構本身的性能，樓版結構要具有適當的跨度並盡可能輕，並希望有較好的樓版平面內剛度，牆體結構在承擔豎向荷載（自重與樓版活荷載）的同時還要承擔橫向荷載（風荷載與水平地震作用）。美國中高層冷軋型鋼結構建築的特點為：

(1)在樓版系統方面

依據

Quan. Chen, Y. J. Shi, Y. Q. Wang, Hong. Chen, Application of steel-concrete composite slab composite slab in multi-story light steel building, (2001)所論述中提到，輕質樓版系統其樓版由 C 型的冷軋型鋼擱柵與鋪於擱柵上的薄板組成。樓版有三種做法，分別為：①高密度木纖維水泥板；②滿鋪樓承鋼板再澆築 20mm 的陶粒輕骨料混凝土；③滿鋪定向木纖維板或高密度層壓膠合板。

(2)在豎向牆體結構與鋼構組合方面

依據 Yu. Shi, Study on Shear Bearing Capacity of Low-rise Building with Cold-formed Steel Walls, (2005)所論述中提到，在豎向牆體結構一般將內橫牆作為結構的承重牆，牆柱為 C 形冷軋型鋼構件，其壁厚根據所受的荷載而定，通常為 0.84mm~2mm，牆柱間距一般為 400mm~600mm，牆柱的下端為 U 形開口朝上的底槽梁，牆柱上端為 U 形開口向下的頂槽梁，擱柵固定於上槽梁側邊；可有效承受並可靠傳遞豎向荷載，且佈置方便，但該牆體結構不能承受水平荷載；為抵抗水平風荷載與地震作用。

(3)在保溫節能技術方面

建築保溫節能技術美方冷軋型鋼建築體系中，對保溫節能技術十分重視，對於牆來說為確保達到保溫效果，一般除了在牆的牆柱間填充玻璃纖維外，在牆外側再貼一層保溫材料，有效隔斷了通過牆柱至外牆板的熱橋。

(4)在防火技術方面

建築防火技術，對於冷軋型鋼結構一個最關鍵的問題是防火技術的應用，在牆的兩側與樓版的天花處貼防火石膏板，對於普通防火牆和分戶牆用 1 吋 (25.4mm 厚) 石膏板保護，以達到 1 小時的防火時效要求。

(5). 在隔音技術方面

建築隔音技術冷軋型鋼建築中，美國的研發工作對於隔音處理下了較大功夫，在內外牆及樓版擱柵間填充玻璃棉，有效阻止了通過空氣傳播的音訊部分，而對於通過固體傳播的衝擊聲。



圖 2-2 美國發展中高層建築

2. 加拿大冷軋型鋼結構建築體系

依據 Guowei. Lu, Study on technology and economy of multi-storey light steel keel structure, (2005)所論述中提到，加拿大的冷軋型鋼構件通常由鍍鋅或鍍鋁鋅合金的薄鋼板冷彎滾壓成型，其截面形狀通常為 C 型和槽型，鋼板的厚度可根據結構的要求而變化，其構件長度可視所需而決定。冷軋型鋼構件製作精確，在其製作過程中通常在構件上有規律地穿孔，以利於水電線路和管道及橫向加強構件的通過。雖然，一塊薄鋼板本身的承載力並不高，但通過冷彎成不同形狀(如 C 型)後，其抗彎抗壓的能力成倍提高。因此，冷軋型鋼構件的承載力主要是取決於其截面形狀，而不是板材的厚度。這就構成其輕質高強的特點，在中高層建築方面：

(1). 結構體系：

冷軋型鋼板肋結構體系通常適用於六層或六層以下的建築建築，但目前也有應用到八層的旅館建築實例。中層建築建築，其底層冷軋型鋼框架厚度可達 2.6mm，框架間距常為 303mm，上部樓層的框架材料厚度可隨荷載的減小而減少。

(2)樓版結構：

樓版結構可根據其跨度的長短選擇下列體

系：冷軋型鋼樓版體系，由樓承鋼板和混凝土構成的鋼承複合樓版，鋼筋混凝土預製或現澆樓版。

(3) 剪力牆體系：

依據Gang. Wu, High-rise structural design of super-long frame shear wall, (2014)所論述中提到，特大開間可採用輕型空腹鋼桁架，樓承鋼板和混凝土組成的複合樓版，抗側向荷載的體系常由冷軋型鋼拉條構成X型斜向支撐體系，或由抗剪板材與冷軋型鋼框架組成的剪力牆體系構成。

(4) 屋架系統：

屋架多由冷軋型鋼椽梁或桁架構成。

2.4 中高層冷軋型鋼結構系統

依據

H. J. Huang, Z. Y. Bian, Y. Q. Wang, Multi-story high-rise light steel residential structure system and its engineering application, (2004)所論述中提到，因為建築結構設計的過程中依賴的都是兩大力學的支持：結構力學和材料力學。結構力學就是解決把外荷載通過計算轉化為內力的過程；材料力學是針對的應力和應變的層面，是內力算出後，看材料的情況，是否進入塑性的判定條件。

冷軋型鋼建築高層化的組合結構體系包括

1. 冷軋型鋼牆骨體系；2. 純鋼框架體系；3. 鋼框架—支撐體系；4. 鋼框架—剪力牆體系；5. 交錯桁架結構體系；6. 鋼框架—核心筒體系；7. 維護部分結構體系：(1)牆體、(2)樓版、(3)屋頂。為了冷軋型鋼結構高層化收先確認結構系統韌性容量R值，仍依照耐震建築設計規範規定設計。

1. 如何實現中高層冷軋型鋼框架結構的優化設計

依據Lei. Shu, Optimum design of eccentrically braced steel frames, (2004)

所論述中提到，目前，國外中高層冷軋型鋼框架結構設計已經普遍實行了較為科學的設計理念與方法，但是設計理念與方法多是照搬、照抄其他國家建築行業的成熟經驗，並不能完成適應國內中高層冷軋型鋼框架結構設計工作的實際需要，在進入工程施工階段，很多弊端和缺點都逐漸曝露出來，如果長期的硬性堅持加持下去，必將不利於建築中高層冷軋型鋼框架結構設計工作的科學發展，以及整個行業的全面進步。我們必須在現有中高層冷軋型鋼框架結構設計理念與方法的基礎上，加以適當的創新，以滿足建築行業的整體發展需求。實現中高層冷軋型鋼框架結構的優化設計，可以從以下幾方面做起：(1)吸收和借鑒世界先進經驗，對台灣中高層冷軋型鋼框架結構設計加以創新

國外國家對於中高層冷軋型鋼框架結構設計工作的研究較為深入，在長期實踐工作中，早已形成一套完善的科學中高層冷軋型鋼框架結構設計理念和方法。對建築工程設計建築師要注重對國外先進設計理念的吸收和借鑒，但絕對不是全部將其拿過來，直接應用於國內中高層冷軋型鋼框架結構設計工作中。同時，還要對外國的中高層冷軋型鋼框架結構設計經驗做充分的分析與研究，並堅持

“去其糟粕，取其精華”的學習原則，結合中高層冷軋型鋼框架結構設計工作的現狀和建築行業發展需求，加以適當的創新，逐步實現中高層冷軋型鋼框架結構的優化設計。

(2)全面提升設計與結構人員的綜合素質

依據

Heng. Wus, S. M. Zhang, Hua. Yang, Study on economy of light steel keel wall, (2009)所論述中提到，目前，中高層冷軋型鋼框架結構的優化設計工作中，設計與結構人員缺乏冷軋型鋼系統的專業知識與先進的設計理念，這是難以保障實現中高層冷軋型鋼框架結構的優化設計的。台灣建築行業的發展中，

應逐步將強對於設計與結構人員的在職培訓與知識的強化，使設計與結構人員逐步掌握和熟悉世界先進的中高層冷軋型鋼框架結構設計理念，並且結合建築行業的現狀與實際情況，逐步培養更多符合台灣中高層冷軋型鋼框架結構設計的高素質設計與結構人員，進而實現中高層冷軋型鋼框架結構的優化設計，以滿足國內建築構造行業創新發展的時代需求。

2.5 建築物採用中高層冷軋型鋼結構之優勢

依據Z. H. Xu, Design and Research of High-rise Light-weight Steel Structure Residence, (2001)所論述中提到，高層冷軋型鋼框架結構的特點，近年來，建築行業整體發展步伐較快，已經初步形成了具有特色的建築設計理念、技術模式與監管機制，正逐步實現與世界先進建築領域的接軌與融合。目前，建築結構設計呈現了多元化的發展趨勢，針對不同的佈局情況與功能需要，建築工程專案分別採取不同的結構模式。現在主要應用的建築結構有鋼筋混凝土結構、網架結構、鋼結構、中高層冷軋型鋼框架結構等多種形式，每一種結構都具有其獨特的優勢與特點。其中中高層冷軋型鋼框架結構尚未得到應用的建築結構之一，具有極大的適用性與發展空間。

依據Hua, B. Z. Cao, Finite element analysis of influencing factors on shear resistance of cold-formed thin-wall steel composite wall, (2011)所論述中提到，目前，中高層冷軋型鋼框架結構是國外應用和發展速度最快的輕型結構形式之一，在住宅、辦公樓、旅館等中高層建築中得到了廣泛的應用，並且逐步形成了工業化生產的新型模式，能夠全面滿足各國建築行業的用量與功能需求。中高層冷軋型鋼框架結構的特點主要體現在：地震作用小、自重輕、

基礎簡單、建築表現力強、整體效果美觀、設計理念新穎、節省鋼材等方面，完全符合現代建築行業的時代發展需求，以及建築工程項目的具體設計要求。如此諸多優越性能，使得中高層冷軋型鋼框架結構的發展前景極為廣闊，很有可能成為未來建築行業的主要建築結構。同時，隨著中高層冷軋型鋼框架結構研發與探索工作的不斷深入，對於荷載作用下的靜力性能研究也取得了令人滿意的成果，但是對於其動力分析和抗震性能的研究工作仍需及一步強化。

2.6 中高層冷軋型鋼設計與施工技術之存在問題

1. 中高層冷軋型鋼框架結構設計中存在的問題

依據Z. H. Xu, Design and Research of High-rise Light-weight Steel Structure Residence, (2008) 所論述中提到，中高層冷軋型鋼框架結構是一種新型的建築結構，在建築行業正式應用中高層冷軋型鋼框架結構的時間也比較短，尚未完全掌握結構設計的重點與難點，設計工作中的弊端與問題也就逐漸暴露出來，這些問題都是需要設計單位和設計人員高度重視的，並及時尋求有效、科學、合理的解決方案與具體措施。目前，在中高層冷軋型鋼框架結構設計中存在的問題，主要表現在以下幾個方面：

(1) 設計理念不完善

在世界建築行業發展歷程中，最初各國建築結構設計普遍採用容許應力的理念，後來又逐漸出現了破損階段(Damaged stage)計算的理念方法。20世紀50年代中期，美國建築學家首先提出了極限強度的設計理念，並且取得了較為理想的實際效果，進而在全世界範圍內得到了廣泛的推廣與應用。建築結構極限強度設計理念的發展與完善，在世界建築史中佔據十分重要的地位。目前，中高層

冷軋型鋼框架結構設計中，普遍採用了以極限強度設計理念為基礎的設計模式。近年來，通過國內冷軋型鋼構造建築物結構設計規範與解說修正中把直接強度法納入，極限強度設計理念逐步實現向更完善、更科學的方向發展。但是隨著建築科學技術的創新發展和電子電腦的普遍應用，中高層冷軋型鋼框架結構的設計理念也需要注入更多的科技元素與技術元素，否則難以實現中高層冷軋型鋼框架結構設計工作的科學發展需求，甚至有可能阻礙台灣建築行業整體設計理念的全面發展和進步。

(2) 結構強度設計仍需加強

依據Peng. Guo, Experimental and theoretical study on shear behavior of cold-formed steel frame walls, (2008)所論述中提到，中高層冷軋型鋼框架結構主要由各類冷軋型鋼材組成，冷軋型鋼材的自重較小、自身強度性能較差，中高層冷軋型鋼框架結構的強度主要取決於冷軋型鋼材的強度，因此，在建築結構設計中一定要加強強度的設計，並且力爭以科學的措施與方法提升結構的整體強度。中高層冷軋型鋼框架結構設計中，設計人員一定要注意對於結構模式，以及材料規格、型號的確定，以保障建築結構施工工作的順利進行和完成。目前，在國內建築材料市場中不同規格的冷軋型鋼材價格會有很大的差異，這與鋼材的品質有很大關係的。中高層冷軋型鋼框架結構是建築物的整體框架，其強度設計是否符合國家相關品質標準，將直接關係到建築物的使用年限與抗震性能等多方面的問題，必須引起工程設計人員的高度重視。

(3) 缺乏對於設計圖面的全面審核

依據Design and application of low-rise multi-story light steel structure residential buildings, (2004)所論述中提到，在中高層冷軋型鋼框架結構設計工作中，

由於設計單位普遍受到任務重、人手不足、審核機制不健全等原因的影響和限制，往往缺乏對於設計圖面的全面審核，這個問題是急需得到解決與改善的，否則很有可能影響到建築結構的施工環節。對於中高層冷軋型鋼框架結構設計圖面的全面審核是保障施工活動順利進行的主要依據，也是建築工程專案品質與進度保證的先決條件之一，因此，建築工程設計單位元元元元必須逐步重視對於設計圖面的全面審核，以確保設計圖面的科學性與可操作性達到實際需求，嚴格保障中高層冷軋型鋼框架結構施工工作的順利進行。

(4) 結構抗震性能設計不足

依據X. P. Wang, Feng. Liu, C. R. Jiang, A new finite element analysis method for the horizontal displacement of keel system, (2006)所論述中提到，現代建築結構的設計工作中，結構的抗震性能是必須強化的設計內容之一。目前，在中高層冷軋型鋼框架結構設計中，結構的抗震性能普遍難以真正保障，這主要受到台灣現行設計理念與技術的制約。冷軋型鋼框架結構的平動振型情況時有發生，往往引發實際結構的低階振型所對應的扭轉係數相差較大，這就極大的影響了結構的抗震性能。建築工程設計單位元元元元正式著手中高層冷軋型鋼框架結構的設計年線較短，而且缺乏專業的理念與技術研究工作，最終導致台灣中高層冷軋型鋼框架結構設計工作始終處於緩慢發展的狀態。

2.7 中高層冷軋型鋼建築物性能之存在問題

(一)、冷軋型鋼結構建築(在防腐蝕、節能降耗、防火、隔音、防潮等性能要求)

1. 在防腐蝕性能方面

依據 Design and application of low-rise

multi-story light steel structure residential buildings, (2004)所論述中提到，對於高腐蝕性建築物，鍍鋅量應不低於 $275\text{g}/\text{m}^2$ （雙面）或鍍鋁鋅 $150\text{g}/\text{m}^2$ （雙面），並應滿足現行規定標準。根據澳洲研發中心的研究資料分析，鍍鋅鋼板和鍍鋁鋅鋼板作為結構使用與暴露在建築外部，鍍層消耗的速度會有很大的差別。即使在同一個建築物內部，由於建築各部分密封效果各不相同，造成大氣腐蝕環境的不一致。由於鍍鋁鋅鍍層表面有鋁和鋅兩種材料，鋁更加容易被腐蝕，產生極其緻密的 Al_2O_3 ，這些鋁的氧化物覆蓋在鋼板表層，更好地隔絕了鍍層鋼板與外界腐蝕環境的接觸。

2. 在節能降耗性能方面

依據

heng. Wus, S. M. Zhang, Hua. Yang, Study on economy of light steel keel wall, (2009)所論述中提到，根據對冷軋型鋼結構住宅與傳統住宅形式的節能降耗性能的比較，能夠明顯地看出冷軋型鋼結構住宅的優勢。技術經濟指標主要是由建築結構的導熱係數、蓄熱係數和每 M^2 每日能耗來評價。根據對冷軋型鋼構造住宅和傳統的RC構造住宅所作的對比實驗，傳統RC構造住宅的導熱係數在 $0.065\sim 0.08\text{W}/\text{m}\cdot\text{k}$ 之間，冷軋型鋼結構住宅的導熱係數在 $0.055\sim 0.07$ 之間，冷軋型鋼結構住宅的導熱係數比傳統鋼混結構住宅降低了 $0.01\text{W}/\text{m}\cdot\text{k}$ ；傳統鋼混結構住宅的蓄熱係數在 $0.95\sim 1.10\text{w}/\text{m}\cdot\text{k}$ 之間，冷軋型鋼結構住宅的蓄熱係數在 $1.30\sim 1.40\text{W}/\text{m}\cdot\text{k}$ 之間，冷軋型鋼結構住宅的蓄熱係數比傳統鋼混結構住宅降低了 $0.3\text{W}/\text{m}\cdot\text{k}$ 。

同時，由於冷軋型鋼結構體系的自重較輕且結構靈活，在滿足結構強度要求的基礎上，能夠很好地集成各項保溫節能技術，除了在牆的牆柱間填充玻璃纖維外，還採用在牆外側再貼一層保溫材料的“外牆外保溫”做法，

有效隔斷了通過牆柱至外牆板的熱橋；樓層之間樓版梁內填充玻璃纖維，減少通過樓層的熱傳遞；所有內牆牆體的牆柱之間均填充玻璃纖維，減少戶牆之間的熱傳遞。

3. 在防火性能方面

依據 X. P. Wang, Feng. Liu, C. R. Jiang, A new finite element analysis method for the horizontal displacement of keel system, (2006)所論述中提到，暴露的冷軋型鋼結構在 550°C 的高溫下，一般在15分鐘左右就會喪失承重能力而垮塌。但通過油漆、複合或加厚圍護材料，在圍護結構上運用一些防火性能比較好的材料，可以確保整個住宅的防火性能達到規範的要求。從目前冷軋型鋼結構別墅的實踐情況來看，經過特殊防火處理的冷軋型鋼結構住宅能夠滿足防火規範的要求。在固定滅火系統和耐火構件品質監測中心的實件檢測中，冷軋型鋼配備雙面雙層石膏板的牆體耐火實驗，承重牆體可以達到1.22小時的耐火極限。

4. 在隔音性能方面

依據 B. Q. Xia, Study on structure and performance of light steel keel composite bearing system, (2003)所論述中提到，冷軋型鋼結構住宅由於受力構件自重較輕，且中間基本上為中空結構，很容易形成“鼓膜”效應，因此撞擊隔音效果很差。為了滿足空氣隔音和撞擊隔音的綜合要求，在冷軋型鋼結構住宅中，可以採用內外牆及樓版擱柵間填充玻璃棉，來有效阻止通過空氣傳播的音訊部分。試驗表明，填充玻璃棉能夠使結構的空氣隔音效果得到進一步的提高，達到 50dB 以上，在進行圍護結構處理之前，就能夠達到居住的要求。

5. 在防潮性能方面

依據 Design and application of low-rise multi-story light steel structure residential buildings, (2004)所論述中提

到，在冷軋型鋼建築的標準配置中，整個牆體的週邊使用單向呼吸紙對整個牆體進行防潮密封。這種密封可以在隔絕室外潮氣進入室內的同時，避免室外大氣中的有害物質腐蝕金屬材料，也可以排除室內的潮氣。而整個牆體用到的石膏板也成為可以呼吸的牆體。呼吸紙和防潮膜可以保證金屬產品在密封而乾燥的空間有更加長久的壽命，也可以讓室內的空氣更加乾爽。

而在屋面，帶鋁箔貼面的保溫棉可以完全隔絕潮濕空氣的進入，避免金屬結構直接暴露在戶外腐蝕環境中。另外，冷軋型鋼結構具有自重輕的特點。對於一些交通不太便利的山區和農村，在運輸不便利的情況下可以降低整個運輸的成本、還可以降低現場重型機械的利用，從而節約施工工期和施工成本。

(二)、冷軋型鋼結構房屋的五大性能

1. 結構抗震、抗風能力，依據

Hai. Jin, Lin. Cheng, M. Z. Chen, J. W. Fei, Design and construction of wind-resisting structure for light-steel building roof, (2015)所論述中提到：

- (1)鋼結構具有良好的延性，抗震性、抗風性能好且受損輕。在地震實驗室裡得到的資料表明，冷軋型鋼結構建築的抗震性是傳統磚木房屋的2-3倍，磚木結構建築倒塌，而冷軋型鋼結構建築只發生可恢復性彎曲，而且由於鋼材便於加工，災後容易修復。
- (2)冷軋型鋼框架結構建築的構件與外牆板形成"蒙皮效應"，抗水平荷載和垂直荷載的能力都大大提高。
- (3)建築主體採用螺栓組裝，建築形成一個整體，與基礎緊密相連，抗震可達6級強震設計。
- (4)冷軋型鋼結構採用的是熱鍍鋅高強冷軋

鋼板，鍍鋅量185克/M²，使用壽命更長。

(5)採用的冷軋型鋼結構，結構自重輕，抗風抗震性能極佳，可抵禦12級颱風。

2. 結構自重輕、基礎造價低，增加建築使用面積，依據 Hua, B. Z. Cao, Finite element analysis of influencing factors on shear resistance of cold-formed thin-wall steel composite wall, (2011)所論述中提到：

- (1)冷軋型鋼框架結構建築構件的截面面積在所有建築類型中最小，在滿足相同承載能力的前提下，重量最輕，且採用輕質功能建築材料，整體重量約為磚混合結構建築的1/5-1/6。建築基礎要求較傳統建築低，工程造價相應降低。
 - (2)冷軋型鋼框架結構建築的圍護牆厚度為14-20cm，建築使用面積比混凝土結構建築增加10%。
 - (3)冷軋型鋼結構建築相比磚混合構造來說，可以避免窯燒磚帶來的資源浪費。
 - (4)冷軋型鋼結構建築的綜合經濟指標不高於鋼筋混凝土結構。
3. 保溫、隔熱性能佳，依據 Design and application of low-rise multi-story light steel structure residential buildings, (2004)所論述中提到：
- (1)冷軋型鋼集成建築外牆使用擠塑板或聚氨酯包裹，形成連續的外保溫，隔斷冷橋，形成優良的保溫層。
 - (2)外牆掛板與結構板材之間形成通風間層，遠離酷熱。
 - (3)先進的外保溫方式，滿足台灣最新建築節能標準，杜絕冷熱橋現象，使建築遠離潮濕變形、黴變、銹蝕等傷害。獨有的熱反射及通風間層設計使得建築圍護隔熱效果更優越，溫度可下降5-8℃。
4. 經久耐用、節能環保，依據 Design and application of low-rise multi-story

light steel structure residential buildings, (2004)所論述中提到:

- (1) 節能方面：耗能減少 65%-90%。節水：工法施工作業，是傳統施工耗水量 10%。節材：建築材料 90%可回收利用。
 - (2) 節地方面：增加套內使用面積 10%。
 - (3) 環保方面：迴圈，無污染的建築體系。
 - (4) 結構壽命 70 年。結構件經過鍍鋅特殊防腐處理，可以保護鋼材防止銹蝕，延長鋼材的使用壽命。採用新型輕質圍護材料，不燃、不黴變、不蟲蛀。
5. 隔音減震: 善的隔音，減震技術，滿足國家建築隔音標準，特別是在人耳最敏感的 250 ~ 1000Hz 的音訊內，著重進行專業性的加強處理，締造安靜舒適的生活環境。

2.8 小結

中高層冷軋型鋼建築結構設計工作逐步實現了與世界先進理念的接軌與融合，建築結構的體系與模式也呈現出了多項發展的新形勢。中高層冷軋型鋼框架結構因其具有生產效率高、跨度大、力性能好、適應功能要求性強等諸多特點，而被廣泛應用於現代建築行業各領域中。實現以冷軋型鋼為承重框架 CFSF 的中高層冷軋型鋼房屋體系，其關鍵在於要提高承重抗剪牆體的抗側能力。可借鑒北美中高層冷軋型鋼房屋結構增強抗側能力的一些有效的措施和構造，如改進牆體立柱截面型式、尺寸和增設牆體水平和交叉扁鋼支撐等都是可行的。但隨著建築產業化、綠色化的發展、中高層化，冷軋型鋼結構的應用前景廣闊，因此，大力研究、開發、推廣和發展冷軋型鋼結構建築體系就尤為重要。總體而言，研發中高層薄板冷軋型鋼房屋 CFSF 體系是否可行的展開研究？

三、研究方法

3.1 研究架構之研擬

(一)、依據文獻回顧關於中高層冷軋型鋼住宅是一種新型建築體系，也可為國內建築新研究和開發的方向。但是它的設計方法，結構體系，結構特點，常用經濟指標不為設計者所熟悉，若要發展中高層冷軋型鋼技術應用，在國內所面臨的主要問題(表 3-1)及具體意見。

表 3-1: 中高層冷軋型鋼技術在國內所面臨的問題與具體意見

中高層冷軋型鋼構造(CFSF)技術在我國所面對的主要技術問題					
層面	類別	專業	核心問題	具體意見	
技術層面	主要技術瓶頸	結構	垂直荷載	冷軋型鋼牆體單根立柱的不足。	
			水平荷載	冷軋型鋼抗側力結構的不足。	
			高度限制	建築技術規則設計施工編第8章第521條其鋼材厚度不超過 25.4mm。卻冷軋型鋼構造建築物之層高不得超過14M，並不得超過4層樓，顯得不相稱。	
		防火	構件防火時效	建築技術規則設計施工編第70條承重牆體自頂層起算超過第四層至第十四層知各樓層為1防火小時低於標柱樓板2防火小時要求。	
			防火區劃	建築技術規則設計施工編第79條之3防火構造建築物之樓地板應為連續完整面，並應突出建築物外牆50CM以上。但與樓板交接處之外牆面高度有90CM以上，且該外牆構造具有與樓地板同等以上防火時效者，得免突出。	
			一般技術問題	隔熱	隔熱性能
			隔熱分區	隔熱性能與隔熱分區的對應。	
			隔音	固體傳聲	樓板與牆板的固體傳聲弱點。
			建築配套	配套產業化	國內還不具備國外成熟產業化配套環境。
				集成技術整合	國內建築配套集成與整合，未見有廠商或官方涉入。
經濟層面	實質乃為技術	成本經濟指標	預測成本遠高於傳統產	造價NTD40,000元/M2高於傳統建築造價	
市場層面	主要市場障礙	行銷戰略	目標市場的確定	靜態預測成本過高。 僅定位於中高層建築。	

不過，中高層冷軋型鋼結構的研究還處於剛起初階段，研究程度還沒有，實際設計和施工還存在不少疑惑與不瞭解問題。這些都急需解決，以利於冷軋型鋼結構建築在台灣健康快速發展。

(二)、本研究冷軋型鋼技術用於中高層建築之可能性及應考量那些因子，本研究初步規劃內容架構(圖 3-1)所示。

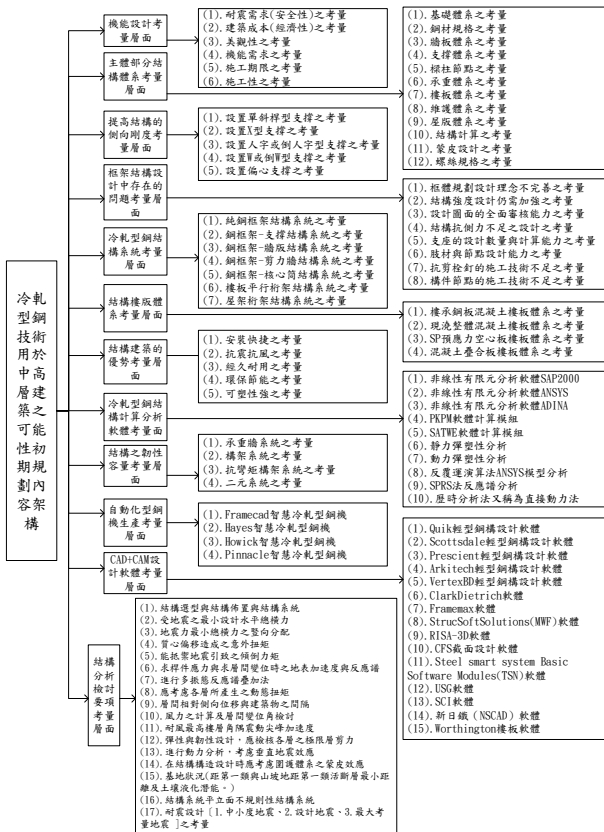


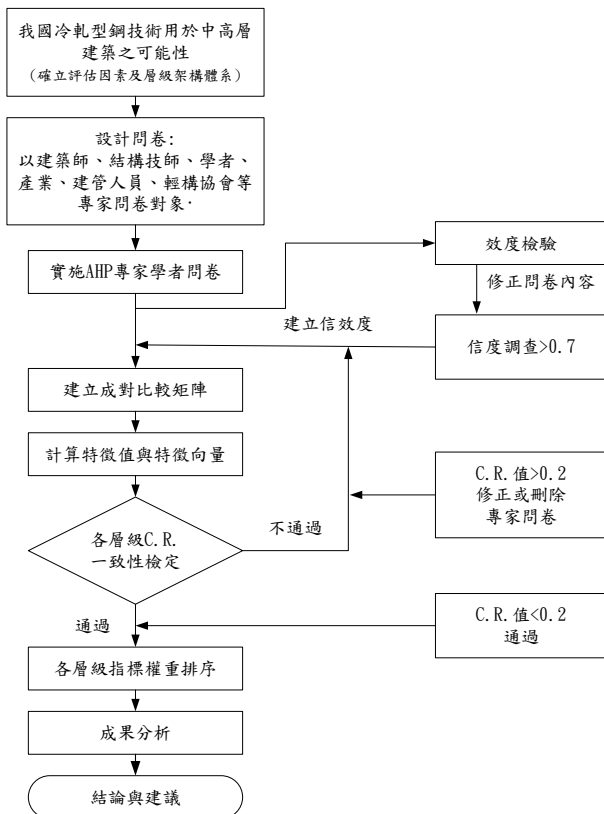
圖 3-1 本研究初步規劃內容架構圖

3.3 層級評估

表 3-2 本研究評估指標與相關文獻及層面關係

本研究冷軋型鋼技術用於中高層建築之可能性考量因子評估指標與相關文獻		
考量層面	各考量因子	文獻
A 設計能力考量層面	IA-1. 缺乏對於設計圖面的全面審核之考量	W. W. Yu, (1991)
	IA-2. 設計者在結構概念仍需加強之考量	L. E. Hsiao, W. W. Yu, T. V. Galambos, (1988)
	IA-3. 全面提升冷軋型鋼設計者的綜合素質之考量	L. E. Hsiao, W. W. Yu, T. V. Galambos, (1990)
	IA-4. 設計者規劃設計理念不完善之考量	ANSI(2007)Edition.
	IA-5. 如何實現冷軋型鋼結構的優化設計之考量	ANSI(2007)Edition.
	IA-6. 設計者對結構抗震性能認識不足之考量	ANSI(2007)Edition.
B 結構分析考量層面	IB-1. 節點接合設計之考量	W. W. Yu, (2000)
	IB-2. 結構系統初始容量之考量	ANSI/AISC 360-05, (2005)
	IB-3. 組合結構體系之考量	T. Sputo, K. Beery, (2006)
	IB-4. 型鋼構材截面小之考量	W. W. Yu, (2000)
	IB-5. 構造輕量化、結構穩定之考量	M. R. Bambach, K. J. R. Rasmussen, (2002)
	IB-6. 型鋼彎曲構材之考量	D. C. Washington, (2008)
	IB-7. 軸心受壓構材之考量	B. W. Schafer, A. Sarawit, T. B. Peköz, (2006)
	IB-8. 型鋼受拉構材之考量	ANSI/AISC 360-05, (2005)
	IB-9. 製作、安裝、品質之考量	F. M. Tangorra, R. M. Schuster, R. A. LaBoube, (2001)
	IB-10. 肢材尺寸之限制之考量	C. L. Pan, J. L. Peng, (2005)
	IB-11. 承受軸力及彎矩構材之考量	D. C. Washington, (2007)
C 型鋼生產考量層面	IC-1. CAD/CAM 自動化一體之考量	ANSI/AWS C1.1/C1.1M, (2000)
	IC-2. 自動化型鋼機生產之考量	BS 5950: Part 5: CF92-2, (1992)
	IC-3. 可提高生產效率，減少出錯率之考量	J. A. Wallace, R. A. LaBoube, R. M. Schuster, (2001)
	IC-4. 設計就能配備帶輪板塊組裝連接之考量	T. B. Peköz, (1990)

3.2 研究架構與流程



D 性能 考量 層面	ID-1. 在節能降耗性能方面之考量	Zhao, Hua, T. Guo, J. Zhang, (2009)
	ID-2. 在防腐蝕性能方面之考量	I. C. Ling, (2008)
	ID-3. 構件截面小, 有效空間大之考量	S. F. Nie, (2006)
	ID-4. 房間佈置靈活, 好居住之考量	X. P. Wang, Feng, Liu, C. R. Jiang, (2006)
	ID-5. 材料均勻, 塑韌性性能好之考量	Sheng, Wu, S. M. Zhang, (2009)
E 經濟 考量 層面	IE-1. 建造成本可接受之考量	Q. F. Yao, T. Li, M. Guo, Q. Yuan, (2012)
	IE-2. 結構抗震性能好之考量	W. W. Yu, (2000)
	IE-3. 材料生產成本佳之考量	W. Yuan, W. Chang, Kun, Li, (2009)
	IE-4. 維護管理成本低之考量	W. Yuan, W. Chang, Kun, Li, (2009)
	IE-5. 使用年限久之考量	W. Yuan, W. Chang, Kun, Li, (2009)
F 環境 考量 層面	IF-1. 音環境之考量	heng, Wus, S. M. Zhang, H. Yang, (2009)
	IF-2. 防火安全之考量	J. Dong, Q. P. Ma, (2007)
	IF-3. 屬環保型建築之考量	L. Hu, (2006)
	IF-4. 綠構造之考量	J. Dong, Q. P. Ma, (2007)
	IF-5. 空氣環境之考量	S. Wu, S. M. Zhang, (2009)
	IF-6. 營建中減廢之考量	Wu, S., and Zhang, S. M., (2009)
	IF-7. 光環境之考量	P. Guo, (2008)
	IF-8. 保溫節能之考量	S. Yan, J. Y. Li, (2010)
	IF-9. 結構安全之考量	D. Y. Song, Y. S. Wang, (2006)
G 組裝 考量 層面	IG-1. 構件規格系列化、標準化之考量	C. G. Salmon, J. E. Johnson, (1990)
	IG-2. 施工安裝簡單快速化、工期縮短之考量	J. A. Yura, (1993)
	IG-3. 廠化與製程、產業化高之考量	D. S. Ellifritt, T. Spoto, J. Haynes, (1992)
	IG-4. 易施工管理、成品管制之考量	Green, P. S., and Spoto, T., and Urala, V., (2004)
	IG-5. 整體品質管制及工程驗收之考量	P. S. Green, T. Spoto, V. Urala, (2000)
	IG-6. 構件安裝及精度之考量	N. J. Glaser, R. C. Kaehler, J. M. Fisher, (1994)
	IG-7. 整體組裝, 可全天候作業之考量	J. Hatch, W. S. Easterling, T. M. Murray, (1990)
	IG-8. 部件的生產、運輸、吊裝更加輕便之考量	R. A. LaBoube, (2001)
	IG-9. 製造與加工及組裝之考量	L. H. The, G. J. Hancock, (2000)

3.3 層級架構

研究台灣冷軋型鋼技術用於中高層建築之可能性之第一階段問卷內容則之層級架構(圖 3-3)為基礎, 共分為「設計能力」、「結構分析」、「型鋼生產」、「性能」、「經濟」、「環境」、「組裝」等七項考量層面與「缺乏對於設計圖面的全面審核」、「設計者在結構概念仍需加強」、「全面提升冷軋型鋼設計者的綜合素質」、「設計者規劃設計理念不完善」、「如何實現冷軋型鋼結構的優化設計」、「設計者對結構抗震性能認識不足」、「節點接合設計」、「結構系統韌性容量」、「組合結構體系」、「型鋼構材截面小」、「構造輕量化、結構穩定」、「型鋼撓曲構材」、「軸心載重受壓構材」、「型鋼受拉構材」、「製作、安裝、品管」、「肢材尺寸之限制」、「承受軸力及彎矩構材」、

「CAD+CAM 自動化連一體」、「自動化型鋼機生產」、「可提高生產效率, 減少出錯率」、「設計就能配備齊牆框板塊組裝連接」、「在節能降耗性能方面」、「在防腐蝕性能方面」、「構件截面小, 有效空間大」、「房間佈置靈活, 好居住」、「材料均勻, 塑韌性性能好」、「建造成本可接受」、「結構抗震性能好」、「材料生產成本佳」、「維護管理成本低」、「使用年限久」、「音環境」、「防火安全」、「屬環保型建築」、「綠構造」、「空氣環境」、「營建中減廢」、「光環境」、「保溫節能」、「結構安全」、「構配件規格系列化、標準化」、「施工安裝簡單快速化、工期縮短」、「廠化與製程、產業化高」、「易施工管理、成品管制」、「整體品質管制及工程驗收」、「構件安裝及精度」、「整體組裝, 可全天候作業」、「部件的生產、運輸、吊裝更加輕便」、「製造與加工及組裝」等四十九項之考量因子共專家學者評選架構, 然而除了預先擬定之考量因子的評選之外, 本研究問卷也針對考量層面與考量因子之缺漏處, 請專家學者於建議補充欄予以補正, 其主要問卷內容請參閱(附錄、一)

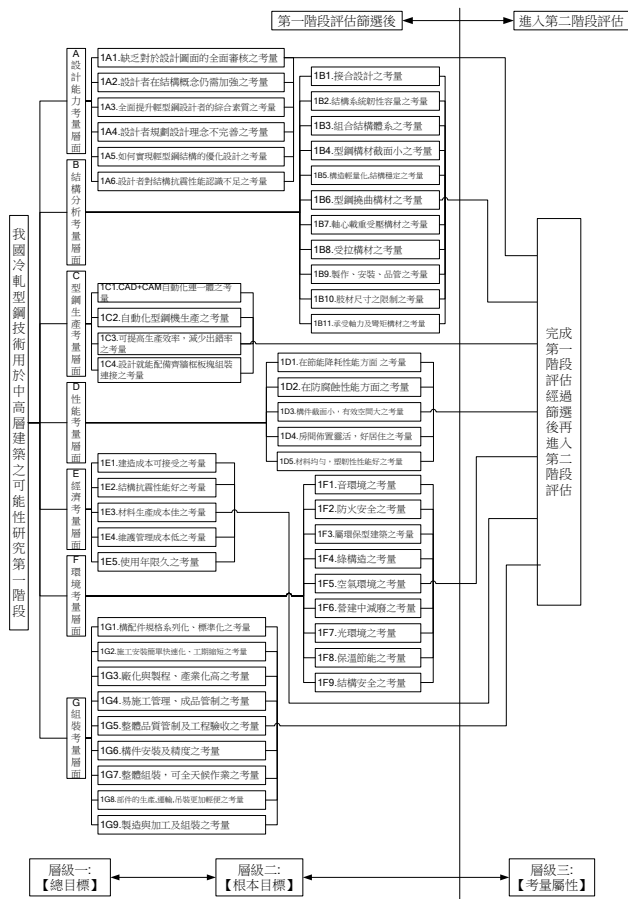


圖 3-3 第一階段層級架構圖

3.4 層面考量因子敘述

針對冷軋型鋼技術用於中高層建築之可能性研究之各項層面與考量因子及考量屬性，分別說明如下：

(一)、設計能力層面考量

1. 缺乏對於設計圖面的全面審核

(1) 在冷軋型鋼框架結構設計工作中，由於設計單位普遍受到任務重、人手不足、審核機制不健全等原因的影響和限制，往往缺乏對於設計圖面的全面審核，這個問題是急需得到解決與改善的，否則很有可能影響到建築結構的施工環節。

(2) 對於冷軋型鋼框架結構設計圖面的全面審核是保障施工活動順利進行的主要依據，也是建築工程專案品質與進度保證的先決條件之一，因此，建築工程設計單位必須逐步重視對於設計圖面的全面審核，以確

保設計圖面的科學性與可操作性達到實際需求，嚴格保障冷軋型鋼框架結構施工工作的順利進行。

(3) 冷軋型鋼框架結構設計圖面普遍較為複雜，其所涉及的內容也相對較多，設計人員要在熟悉工程項目整體興建目標的基礎上，對建築結構設計圖面做全面的審核，並將審核結果上報相關工程技術管理部門，請其進行複審，待複審也通過後，方可允許施工單位組織施工。

(4) 如果冷軋型鋼框架結構設計中忽略了對於圖面的審核，必然會影響到冷軋型鋼框架結構施工的進度與品質，甚至有可能危及到整個工程興建專案的施工。

2. 設計者在結構概念仍需加強

(1) 冷軋型鋼結構主要由各類冷軋型鋼材組成，冷軋型鋼材的自重較小、自身強度性能較差，冷軋型鋼框架結構的強度主要取決於冷軋型鋼材的強度，因此，在建築結構設計中一定要加強強度的設計，並且以科學的措施與方法提升結構的整體強度。

(2) 冷軋型鋼框架結構設計中，設計人員一定要注意對於結構模式，以及材料規格、型號的確定，以保障建築結構施工工作的順利進行和完成。

(3) 在國內鋼材材料市場中不同規格的冷軋型鋼材價格會有很大的差異，這與鋼材的品質有很大關係的。

(4) 冷軋型鋼結構是建築物的整體框架，其強度設計是否符合國家相關品質標準，將直接關係到建築物的使用年限與抗震性能等多方面的問題，必須引起工程設計人員的高度重視。

3. 全面提升冷軋型鋼設計者的綜合素質

台灣冷軋型鋼框架結構設計工作雖然起步較晚，但是在多年來冷軋型鋼框架結構設計工作者，有一些設計單位和人員已長期的投入該工作中，也可傳承逐步積累了豐富的經

驗和寶貴的教訓。全面提升冷軋型鋼設計與結構人員的綜合素質，目前工程界普遍缺乏冷軋型鋼系統的專業知識與先進的設計理念，應逐步將強對於設計與結構人員的在職培訓與知識的強化，逐步培養更多符合冷軋型鋼框架設計的高素質，進而實現冷軋型鋼構造優化設計，以滿足冷軋型鋼建築行業創新發展的時代需求。

4. 設計者規劃設計理念不完善

當初在冷軋型鋼建築行業發展歷程中，冷軋型鋼結構設計普遍採用容許應力的理念，後來又逐漸出現了破損階段計算的理念方法。美國建築學家首先提出了極限強度的設計理念，並且取得了較為理想的實際效果，進而在全世界範圍內得到了廣泛的推廣與應用。目前，中高層冷軋型鋼框架結構設計中，普遍採用了以極限強度設計理念為基礎的設計模式。近年來，國內冷軋型鋼構造建築物結構設計規範與解說也修正中把直接強度法納入，極限強度設計理念逐步實現更完善、更科學化的發展。

5. 如何實現冷軋型鋼結構的優化設計

我們必須在現有冷軋型鋼框架結構設計理念與方法的基礎上，加以適當的創新，以滿足建築行業的整體發展需求。實現冷軋型鋼框架結構的優化設計，可從吸收和借鑒世界先進經驗，國內冷軋型鋼框架結構設計加以創新，對外國的冷軋型鋼框架結構設計經驗做充分的分析與研究，並堅持“去其糟粕，取其精華”的學習原則。對冷軋型鋼框架結構設計理念與方法進行科學、有效、合理更新和完善，才能保證冷軋型鋼框架結構的優化設計。

6. 設計者對結構抗震性能認識不足

(1)現代冷軋型鋼建築結構的設計工作中，結構的抗震性能是必須強化的設計內容之一。

(2)冷軋型鋼框架結構的平動振型情況時有發生，往往引發實際結構的低階振型所對應的扭轉係數相差較大，這就極大的影響了結構的抗震性能。

(3)在建築工程設計單位(建築師事務所)正式著手冷軋型鋼框架結構的設計年線較短，而且缺乏專業的理念與技術研究工作，最終導致國內冷軋型鋼框架結構設計工作始終處於緩慢發展的狀態。

(二)、結構分析層面考量

1. 接合設計

(1)建築技術規則構造編之設計原則(或要求)(或通則)規定，冷軋型鋼構造第五百二十三條:冷軋型鋼結構之設計，應符合左列規定:第二項整體結構及每一構材、接合部(接合設計)，均應檢核其使用性。及設計冷軋型鋼結構構材之斷面或其接合，應使其應力不超過設計規範規定之容許應力，或使其設計強度大於或等於由因數化載重組合計得之需要強度。第五百二十五條:冷軋型鋼結構施工，由購料、加工、接合至安裝完成，均應詳細查驗證明其品質及安全。第五百二十六條:冷軋型鋼結構之耐震設計，應依本編第一章第五節耐震設計規定;其構材及接合之設計，應依設計規範規定。第五百二十八條:冷軋型鋼結構使用之鋼材，得依設計需要，採用合適之材料，且應確實把握產品來源。不同類鋼材未特別規定者，得依強度及接合需要相互配合應用。

(2)冷軋型鋼構材的厚度較薄，一般應用於熱軋型鋼構材接合的焊接方式亦難以施做於冷軋型鋼構材接合，也因此，接合物(接合鐵件)的配合與應用乃冷軋型鋼構材接合的必要條件。

(3)冷軋型鋼構建築工程一般規定標準在架構接合，可分為①材料、構材、接合物;②

樓面板壁構造體:包括樓面板組之構成、托樑與側封板格柵接合方法、托樑與端部托樑接合方法、樓面底板與托樑接合方法、基牆與托樑連接、樓面板開口規定與施作方法、樓面板與壁構造體接合方法、樓面板錨固、突出部分的樓面構架、樓版托樑之尺寸選定等等樓面板壁構造體;③屋頂桁架構造體:桁架式屋架各節點接合方法、屋架與壁體接合、屋簷與封簷板接合及開口補強等各部位接合。

2. 結構系統與韌性容量

(1)建築物設計高度與 1. 構造種類及系統息息相關(結構系統韌性容量 R ; 起始降伏地震力放大倍數 αy ; 建築物用途係數 I)(第一類建築物 $I=1.5$; 第二類建築物 $I=1.5$; 第三類建築物 $I=1.25$; 第四類建築物 $I=1.0$)。

(2)與容許韌性容量(容許韌性容量 R_a 、結構系統地震力折減係數 F_u)有關。

(3)冷軋型結構雖有重量輕及強度大之優點，缺乏對冷軋型鋼結構韌性設計之研究。由於「建築物耐震設計規範」考慮到建築物之韌性容量而將設計地震力降低，在「韌性設計之必要性」規定建築物之耐震設計不論那一種結構系統均必須考慮韌性設計，滿足耐震設計所需之韌性需求，以保有地震時仍有承受垂直載重之能力，即使設計為不承受地震橫力之構架或構件，仍須容許地震來臨時可能產生之大變形，損壞後可以修復。同時須考慮結構構件及非結構構件之互製作用及非結構構件破壞時之後果，以及樓版及屋面板須真有傳遞地震橫力至構架或剪力牆之能力。

3. 組合結構體系

(1)建築層數越多，高度越高，則由於風力或地震力引起的側向力就越大，建築物必須有相應的剛度來抵抗側向力。因此，組合結構體系也就需要不斷的發展。在中高層

冷軋型鋼結構建築的設計中結構體系的選擇，主要組合結構體系主要包括：純冷軋型鋼體系、純鋼框架體系、框架-支撐體系、鋼框架-混凝土剪力牆體系、框架-核心筒體系、周圍抗側力體系等。由於框架結構體系可提供較大空間、門窗設置靈活、受力簡潔易形成縱橫框架，並且框架可與樓版組合共同抵抗水平荷載作用，因而，在中高層冷軋型鋼結構中得到廣泛應用。

(2)中高層冷軋型鋼結構的應用還處在尚未起步階段，相關技術設計規範、施工規範還在未完善修正中，在設計、構造和施工等方面仍存在著有待解決的問題，如中高層冷軋型鋼結構承重組合結構體系、施工和安裝技術、新型維護結構體系、承重與維護結構的連接方法和相互作用等方面的設計問題都在研究之中，其中在設計構件節點和組合樓版方面的出現的問題較普遍。

4. 型鋼構材截面小

(1)冷軋型鋼框架結構自重輕、基礎造價低，增加建築使用面積，型鋼框架結構建築構件的截面面積在所有建築類型中最小，在滿足相同承載能力的前提下，重量最輕，且採用輕質功能建築材料，整體重量約為 RC 結構建築的 $1/5-1/6$ 。建築基礎要求較傳統建築低，工程造價相應降低。

(2)冷軋鋼建築的優勢之一，外形美觀，建築造型簡潔，豐富，構件截面尺寸小，淨使用面積增加。鋼材強度高，可以提供較大的柱網佈置；當考慮樓版的組合作用，使用組合梁或扁梁時，可以增加淨高，提供了靈活分隔室內空間的可能，日益受到重視。

(3)冷軋型鋼框架結構不僅自重較輕，而且抗震性能非常好，選用高效、輕型、薄質材料，那麼構件截面的性能較好，而且，承載能力較大，剛度大、抗震性能良好。除

此之外，還可以節省很多的建築材料，降低運輸與安裝費用。由此看來，對於那些地質條件較差、不方便運輸的地區，其優越性非常的明顯。

5. 構造輕量化、結構穩定

(1)冷軋型鋼建築輕量化:作用在一棟建築結構的載重，對於地震力的抵抗能力與結構設計的材料使用量有相當密切的關係。結構體自重越輕，結構設計便可以最合理的材料使用量設計足夠承載建築物與抵抗外來風力與地震力；反之建築其他結構自重越重，則必須加大結構體斷面，使用更多之材料來支撐建物與抵抗外力。

(2)為了展現冷軋型鋼結構的特點，進一步提高冷軋型鋼結構的性能，在設計的時候必須注重輕量化設計，減輕結構自重。而隨著結構重量的降低，水平荷載對結構的影響加大，因此輕量化設計與提高結構剛度必須同時進行。

6. 型鋼撓曲構材

(1)冷軋型鋼撓曲構材之設計必須包含下列四種設計考量：①撓曲強度與變位；②腹板剪力強度與撓曲-剪力強度；③腹板皺曲強度與撓曲-皺曲強度；④支撐需求。此外，若使用較薄的材料時，在某些情形下，尚需注意剪力遲滯與翼板捲曲現象。

(2)撓曲構材之撓曲強度視其是否具側撐而有不同，當構材側向具支撐時，可由其標稱斷面強度進行設計，因為扭曲挫屈具有中等的半波長，對於具側向支撐構材的扭曲挫屈仍須考慮計算。當構材無側向支撐時，其極限狀態為側向扭轉挫屈。

(3)張力翼板連接於鋼承板或外覆板，而壓力翼板無側支撐之C型或Z型斷面之梁，構材之撓曲容量介於受完全支撐構材與無支撐構材的容量之間。

(4)翼板連接摺板屋頂系統之C型或Z型斷面之梁，構材之撓曲容量大於無支撐構材之

容量，也可能達相當於完全支撐構材之容量。

(5)對於翼板連接摺板屋頂系統之撓曲強度可依被認可的試驗取得，或構材之標稱撓曲強度則取適用公式中之最小值設計。

7. 型鋼軸心載重受壓構材

(1)軸向受壓構材用於承受軸向壓力之冷軋型鋼構材，且其軸力通過有效斷面，該有效斷面之設計受壓強度計算。軸向受壓構材應依不同限制設計之，並考量斷面的形狀、材料的厚度、未支撐長度及端點束制條件而定：①降伏；②整體柱挫屈(撓曲挫屈、扭轉挫屈或撓曲-扭轉挫屈)；③單獨肢材的局部挫屈；④扭曲挫屈。

(2)冷軋型鋼維護結構體系之作用計算，蒙皮支撐的軸心受壓構件在蒙皮的支撐作用下，構件在荷載作用下沒有彎曲變形、沒有截面的扭轉而僅有軸向壓縮變形，則我們稱蒙皮可為構件提供完全支撐。蒙皮抗剪剛度的增大，並不能增大對構件扭轉的約束作用。但是蒙皮抗剪剛度的增大，即能有效地減小構件的側向變形。

(3)牆框架立柱的強度是不太可能由扭曲挫屈控制：①腹板之細長比過大而提早發生局部挫屈例如C型斷面；②具足夠的端點加勁肢材穩定住翼板如C型斷面而非Z型斷面；③無支撐長度過大以致於撓曲或撓曲-扭轉挫屈強度控制；④翼板上貼覆平板或牆提供足夠的旋轉束制。

(4)實際結構中蒙皮總是可以為構件提供不同程度的扭轉約束作用，如不考慮這一有利因素，勢必會使計算結果過分保守，試驗和計算結果都表明，蒙皮為構件提供的扭轉約束作用可有效地減小構件的扭轉變形，顯著提高軸壓構件的穩定承載力。

(5)圍護結構，為了減輕中高層建築冷軋型鋼結構的自重，圍護結構多採用輕質材料。

8. 型鋼受拉構材

- (1)冷軋型鋼受拉構材適用於承受軸拉載重之構材。受拉構材的設計要求，依據容許強度設計法(ASD)與載重及強度係數設計法(LRFD)規定之。而對於受拉構材的設計而言，構材的全斷面或淨斷面用於計算承受軸拉載重構材的標稱受拉強度。
- (2)受拉冷軋型鋼構材的標稱受拉強度(抵抗能力)，依據構材的全斷面降伏破壞或淨斷面拉力破壞決定之。在受拉構材的接合處，需符合接合部受拉強度規定。
- (3)全斷面降伏是間接地提供了受拉構材伸長變形的限制，全斷面降伏所計算之受拉強度的定義在熱軋型鋼上已被完整的建立。
- (4)在載重及強度係數設計法(LRFD)中，受淨斷面拉力破壞的強度折減因子 $\phi_t = 0.75$ 是與國內「鋼結構極限設計法規範與解說」和美國鋼構造協會的「鋼結構建築規範」的 ϕ 值相同(AISC)，而全斷面降伏破壞之 ϕ 值也選擇了與國內「鋼結構容許應力法規範與解說」和美國鋼構造協會的「鋼結構建築規範」相同的 ϕ 值(AISC)。

9. 製作、安裝、品管等方面

- (1)冷軋型鋼牆框架體系優點之一綜合經濟效益好，在國外迅速推廣，目前其設計、製作、安裝、品管已非常完善。冷軋型鋼結構製作、安裝、品管有利於建築產業化，冷軋型鋼結構現場拼裝，所用構件可實行模數化設計、工廠標準化生產、市場化採購，配套性好，避免了現場人工製作對品質的影響，有利於推動建築向工業化和產業化發展。
- (2)由於冷軋鋼結構的製作安裝是工業化程度很高的一種結構形式，可實現建築興建的工業化和產業化，冷軋型鋼結構在工廠製作，有利於現場安裝方便及快速施工，易於工廠規模生產和標準化、系列化、品管優質，可採用工業化生產方式，實現技

術集成化，提高建築的科技含量和使用功能。3. 冷軋冷軋型鋼構件製作精確，在其製作過程中通常在構件上有規律地穿孔，以利於水電線路和管道及橫向加強構件的通過。雖然，一塊薄鋼板本身的承载力並不高，但通過冷彎成不同形狀(如C型)後，其抗彎抗壓的能力成倍提高。

10. 肢材尺寸之限制

- (1)冷軋型鋼肢材平板寬厚比的設計要求，加勁受壓肢材、未加勁受壓肢材、具邊緣加勁材的受壓肢材與中間加勁的受壓肢材的有效寬度計算式分別予以說明。
- (2)冷軋型鋼構材之斷面可視為由許多個斷面肢材所組成。與熱軋型鋼構材比較之下，冷軋型鋼構材的肢材平板寬厚比則顯得相當大，即肢材過於寬而薄。當構材在承受撓曲力、軸向壓力、剪力或支承壓力時，構材肢材可能產生挫屈應力小於該構材降伏應力的局部挫屈。
- (3)冷軋型鋼壓力構材之應力行為較熱軋鋼複雜，分析理論也不盡相同。因為冷軋型鋼構材的壓力肢材使用了相當大的平板寬厚比，同時受壓肢材在產生局部挫屈後，冷軋型鋼構材仍然能繼續承載相當大的力量，這就是所謂的後挫屈強度，因此局部挫屈在設計冷軋型鋼構材當中是極須考慮的一個因素。
- (4)冷軋型鋼構材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，需將斷面各單元之平板寬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，以降低構材之容許載重。

11. 承受軸力及彎矩構材

- (1)中高層冷軋型鋼結構建築的設計支撐體系為了加強中高層建築鋼結構的側向剛度，抵抗水平風荷載和地震作用，通常用槽鋼

或角鋼在牆體平面內佈置垂直支撐體系。根據要求可以沿縱、橫單向佈置或雙向佈置。支撐與框架鉸接，按拉桿或壓桿設計。考慮到門窗的佈置，可以採用 X 型、單斜撐型、人字型、倒人字型、W 型、倒 W 型、門式等形式，為在強震作用下具有良好的吸能耗能性能，則採用偏心支撐。在不影響建築功能的前提下，在平面上支撐應均勻佈置。對後五種支撐應驗算梁上支撐軸力引起的附加彎矩。偏心支撐的優點是在較小或中等的水平荷載作用下有足夠的剛度，而在嚴重超載（如大地震）時具有良好的延性，是一種較好的抗剪支撐。

(2) 框架支撐體系，對於加大風載或地震作用的區域，為了使體系的抗側剛度得到提升，對軸交支撐或偏交支撐提升的效果較好，該體系屬於多重抗側體系，而且可以將樑柱節點及柱腳節點設計成半剛接、鉸接形式，存在簡單的施工構造，基礎對軸力進行承受，存在較小的提醒，因此被人們所廣泛接受。

(3) 冷軋型鋼構造材之設計之規定，第五百三十六條：設計受扭矩及組合力共同作用之構材時，應考量軸力與彎矩共同作用時引致之二次效應，並檢核在各種組合載重作用下之安全性。

(三)、型鋼生產層面考量

1. CAD+CAM 自動化連一體

(1) 冷軋型鋼結構住宅具有許多優點之一：可以實現住宅興建的工業化和產業化。冷軋型鋼結構在工廠製作，現場安裝，易於工廠規模生產和標準化、系列化，降低興建成本。利用先進的電腦輔助設計(CAD)和電腦輔助製造(CAM)技術，能及時、全面滿足用戶對住宅的設計需求，效率高，報價快，造價低，供貨迅速。

(2) 設計製造週期短，設計生產一體化現代結構設計借助於電腦和專業化結構分析軟體，使得設計週期大大縮短，設計中的修改和調整非常方便。同時，由於鋼結構具有工廠預製、現場安裝的特點，可以將前期設計和現業的生產相連結，通過網路電腦和數控型鋼機結合，使設計人員在事務所中完成設計後，即由工廠的生產線完成產品製作，具有極高的效率和精確度，可以大大減少興建週期。

2. 自動化型鋼機生產

(1) 冷軋型鋼構材乃由碳鋼或低合金鋼板或鋼片在室溫下經由輾軋或滾壓製造而成。冷軋型鋼構材可應用的範圍相當廣泛，其使用於建築方面亦相當的普及。鋼材經冷軋滾輪成型機自動化生產設備、設計與施工軟體、可生產優質的建築產品。高效的生產率及快速的施工方法極大的提高了生產效益，確保工程按時完工。（與傳統房屋建造相比，冷軋型鋼結構房屋的建造可節省 1/3 到 1/2 的時間）建築（從生產、組裝、運輸、安裝、及完工等方面）成本的減低同樣提高項目的收益性。冷軋鋼結構解決方案自動化型鋼機生產，簡單易用、勞動力成本低，極大地提高了企業效益頗多，更優越的競爭優勢。

(2) 冷軋冷軋型鋼樓版平行桁架及屋頂桁架既可現場製作也適合於工廠大規模集成自動化型鋼機生產，跨度較大的情況下，採用冷軋冷軋型鋼桁架更為經濟。大跨度桁架結構迎合了現代開放起居空間潮流，從而拓展新的市場，更合適的建築方法（如現場建造、模組化建造、預製建造或可運輸建造），優化資源利用，確保工程品質。

3. 可提高生產效率，減少出錯率

(1) 冷軋型鋼生產可提高生產效率，減少出錯率，冷軋型鋼構造施工由購料起以迄加工、接合及安裝完成，均應詳細查驗證明其品

質及安全，為確證施工能以達到設計標準，設計人、監造人及承造人應依其權責辦理查驗工作，詳細記載查驗事項，並剔除不合格部分。在工廠施作型鋼構生產部分，其品質要求亦須符合規定。工廠製造品質檢驗材料及完成之製品，應實施檢查及必要之檢(試)驗，評定其品質以確保品質之維持。

(2)為了減少出錯率冷軋型鋼結構施工前應依據設計圖說，事先繪製施工詳圖(應註明構材製造、組合及安裝時所需之完整資料)及提送施工計畫書，並依設計及施工規範規定，經設計人同意後加工製作，結構組裝與架設應盡量在工廠加工製造再運送至工地安裝為原則。

4. 設計就能配備齊牆框板塊組裝連接

生產方面的創新在於將結構設計與牆框板塊生產自動化連為了一體。在日本新日鐵公司就有新開發出一種稱之為“NS—CAD”的軟體，該軟體大大地提高了設計速度並能實現設計資料與生產設備的完全介面，在設計階段就能配備齊牆框板塊組裝所需要的所有連接件。資料登錄生產設備的CAM系統，就能實現自動化生產牆框板塊和屋架，極大的提高了生產效率，減少了出錯率，確保板塊的品質。

(四)、性能層面考量

1. 在節能降耗性能方面

冷軋型鋼結構在節能降耗性能方面，對冷軋型鋼結構住宅與傳統住宅形式的節能降耗性能的比較，能夠明顯地看出冷軋型鋼結構住宅的優勢。技術經濟指標主要是由建築結構的導熱係數、蓄熱係數和每 M^2 每日能耗來評價。根據對冷軋型鋼結構住宅和傳統的RC結構住宅所作的對比實驗，傳統RC結構住宅的導熱係數在 $0.065\sim 0.08W/m\cdot k$ 之間，冷軋型鋼結構住宅的導熱係數在 $0.055\sim 0.07$ 之間，

冷軋型鋼結構住宅的導熱係數比傳統鋼混結構住宅降低了 $0.01W/m\cdot k$ ；傳統鋼混結構住宅的蓄熱係數在 $0.95\sim 1.10w/m\cdot k$ 之間，冷軋型鋼結構住宅的蓄熱係數在

$1.30\sim 1.40W/m\cdot k$ 之間，冷軋型鋼結構住宅的蓄熱係數比傳統鋼混結構住宅降低了 $0.3W/m\cdot k$ 。

2. 在防腐蝕性能方面

冷軋型鋼在防腐蝕性能方面，對於高腐蝕性建築物，鍍鋅量應不低於 $275g/M^2$ (雙面)或鍍鋁鋅 $150g/M^2$ (雙面)，並應滿足現行規定標準。根據澳洲研發中心的研究資料分析，鍍鋅鋼板和鍍鋁鋅鋼板作為結構使用與暴露在建築外部，鍍層消耗的速度會有很大的差別。即使在同一個建築物內部，由於建築各部分密封效果各不相同，造成大氣腐蝕環境的不一致。由於鍍鋁鋅鍍層表面有鋁和鋅兩種材料，鋁更加容易被防腐蝕，產生極其緻密的 AL_2O_3 ，這些鋁的氧化物覆蓋在鋼板表層，更好地隔絕了鍍層鋼板與外界腐蝕環境的接觸。因此鍍鋁鋅層在室內環境中的預測壽命遠長要求於結構壽命，可達到275年以上；即使在通風環境很不好的板材之間，預測壽命也能達到100年。

3. 構件截面小，有效空間大

(1)冷軋型鋼結構承載力高，可以實現結構的大開間佈置，構件截面小，與RC結構相比，自重比較輕，地基基礎型式的處理比較容易。由於基礎在工程造價中佔有比重比較大，上部結構重量輕可以降低基礎的造價，從而減少整個項目的投資。冷軋型鋼結構施工機械化高的特點，從另一方面減少了人工費用和教育訓練等其它輔助費用。

(2)具有強度高、結構自重輕；冷軋型鋼構件截面積小，有效空間大；並具有製造簡單，施工週期短；節能、環保五個方面的特點。

4. 房間佈置靈活，好居住

冷軋型鋼結構建築的優點：

- (1) 建築空間佈置靈活，真正體現“以人為本”的設計理念，可隨意分隔和佈置，可增加使用面積 5%~8%。能滿足不同住戶對住宅的多種功能要求。
- (2) 室內水暖電氣管線全部隱蔽在牆體中和樓層間，佈置靈活，修改方便。
- (3) 結構體系具有建築空間佈置靈活、抗震性能好、施工方便、綜合經濟效益好、可以實現建築興建的工業化和產業化等特點。框架結構平面佈置靈活，冷軋型鋼框架尺寸磕打可小(一般 6M~9M)各部分剛度比較均勻，構造簡單，易於施工。
- (4) 國外的冷軋型鋼建築也有採用錯列桁架結構體系，利用立柱、平行桁架和樓面板組成的空間抗側力體系，具有住宅建築佈置靈活、樓版跨度小、結構自重輕和造價低的優點，工程應用前景良好。

5. 材料均勻，塑韌性性能好

冷軋型鋼優良的抗震結體，地震發生時，冷軋型鋼結構的塑性鉸區域可以通過變形吸收和消耗地震能量，降低結構剛度，減小地震對建築的作用。使地震作用上升緩慢，內力也不會增加，從而大大減小建築結構受到地震的影響。因此，使用具有延性的冷軋型鋼結構可以降低對建築承載力的要求，換句話說，延性結構可以通過自身變形抵禦地震作用。冷軋型鋼結構建築的發展趨勢，與構造工法的材料相比較，材料均勻，塑性、韌性好，抗震性能好。

(五)、經濟層面考量

以建築生命週期之觀點，建築物所需耗費之總成本乃是綜合材料生產、施工建造與使用維護管理及使用年限等各階層所產生之成本。然而經濟層面的因素不影響到營建廠商與消費者間之利潤外，成本過高也會降低消費者之購買與採用之意願，除此之外當其所耗費成本越大時，也間接對環境之承載力造

成更沉重負擔。因此本研究則將其成本所發生之各階層，分別說明如下：

1. 建造成本可接受

(1) 人工費成本也相對低廉，冷軋型鋼結構住宅基礎造價低、人工消耗少的特點難以形成優點；同時，由於冷軋型鋼結構住宅在防火、防腐蝕、隔音等技術性能方面不具備優勢，必須借助於輔助材料，這就提高了住宅的單方建造成本，提高了購買冷軋型鋼住宅的門檻。

(2) 任何工程建造的考量，成本都是重要的評估因素之一，尤其是在可行性的評估過程當中，對於工料設施之單價都需詳加考量。然而以目前國內各冷軋型鋼廠商而言只是在生產型鋼材料販賣而已，其經營建築興建落差極大，除此之外冷軋型鋼建築之構材皆為工業化生產之品項。因此，預製程度能力高低，對降低成本頗有助益。因此，建造成本乃為必要之考量因素。

2. 結構抗震性能好

國外在高層建築中的應用已經十分成熟，相對而言，由於設計標準、鋼材生產和造價等方面的限制。與同結構相比，冷軋型鋼結構具有許多不可比擬的優點，如結構自重輕承載力高自、設計施工週期短、結構抗震性能好、工廠生產化程度高、易於實現住宅的規模化生產和產業化等，在技表明，在都市中引入該結構機制或是可行的。因此，對台灣屬於高地震地帶而言，冷軋型鋼構造建築物結構抗震性好，使用年久免於地震影響，造成震害受損造成維修成本則為必然之考量。

3. 材料生產成本佳

實現住宅興建的工業化和產業化，冷軋型鋼結構在工廠製作，現場安裝，易於工廠規模生產和標準化、系列化，可採用工業化生產方式，實現技術集成化，提高住宅的科技含量和使用功能。因此，以興建建築材料之

生產成本來探討發展冷軋型鋼技術用於中高層建築工程是必要的。

4. 維護管理成本低

- (1) 雖冷軋型鋼結構建築在使用和維護成本上具備一定的優勢，但初始投資要高於傳統的鋼混結構住宅，消費者往往是有限理性的，他們根據房價的高低作為購房首要考慮的因素。
- (2) 建築物完工後的使用階段中，結構體與其設備管路線等維護管理工作，以及損壞維修的難易度，會影響維護管理費用的高低。以鋼筋混凝土建築的使用維護而言，鋼筋混凝土構造的開放性低，在維修上耗時且費工，不但增加使用管理之成本外，維修時敲打鑿所造成工程廢棄物與噪音又成為環境汙染所必須付出成本。因此，對於冷軋型鋼構造建築之開放性，期維護管理之成本則為必然之考量。

5. 使用年限久

- (1) 冷軋型鋼結構採用自重小的輕質牆體和樓面材料，構件尺寸小，一般可減輕建築結構自重的 30%，品質是鋼筋混凝土住宅的 1/2 左右，6 層冷軋型鋼結構住宅的品質僅相當於 4 層 RC 結構，並充分發揮鋼材强度高、延性好的特點，抗震性能很好，安全性高輕質高強、抗震性能好，安全性高，使用年限長，防潮得當可延長使用壽命。
- (2) 使用年限是指建築物在未受外力的破壞下乃可使用壽命，而使用年限的長短，則是取決於建材的耐久性與施工興建品質及視使用者實際之用途而定，然而構造工法之使用年限越久，則代表其構法越經濟環保，世界各國大力推廣中冷軋型鋼構造越高層化。因此，冷軋型鋼構造建築之使用年限必須優於其他構造建築才能其推廣的市場，而使用年限之考量就顯得其重要性。

(六)、環境層面考量

建築工程的開發興建對環境所造成之影響因素是相當的複雜，而且基於綠建築政策的推動，建築工程開發興建對環境影響之考量乃是必要之趨勢。雖然冷軋型鋼構造勢因為符合輕量化之目標，而造就了發展的契機，但是就其環保與永續之概念及高層化建築而言，相對於其他環境要項如綠構造方面、保溫節能方面、營建中減廢方面、結構安全方面、防火安全方面、環保型建築方面、空氣環境方面、光環境方面、音環境方面等評估因素，仍然是其必要列入共同考量對環境層面中所必須考量之因子。

1. 音環境方面

- (1) 冷軋型鋼結構樓版可採用樓面冷軋型鋼框架體系，上覆刨花板及樓面面層，下部設置石膏板吊頂，既可便於管線的穿行，又滿足了隔音要求。
- (2) 冷軋型鋼結構牆體配套圍護材料應具有良好的保溫、隔熱、隔音性能，以有關規範的要求。牆體將大量採用輕質隔離材料，在隔熱、隔音、牆體防滲漏等方面與傳統的建築材料不同。隔音性要求外牆隔音量可達 75dB，內牆隔音量可達 55dB。
- (3) 美國的中高層冷軋型鋼建築中，對於分戶牆用二道牆柱構成帶有中間空隙的二道牆體；而對於吊頂用的固定石膏板的小框架，用帶有小切槽的彈性構造以有效減少樓層間的固體聲傳播。
- (4) 為了滿足空氣隔音和撞擊隔音的綜合要求，在冷軋型鋼結構建築中，可以採用內外牆及樓版攔柵間填充玻璃棉，來有效阻止通過空氣傳播的音訊部分。依試驗表明，填充玻璃棉能夠使結構的空氣隔音效果得到進一步的提高，達到 50dB 以上，在進行圍護結構處理之前，就能夠達到居住的要求。

因此，冷軋型鋼構造建築中高層化，隔音性之考量就顯得其重要性對環境層面中所必須考量之因子。

2. 防火安全方面

- (1)冷軋型牆體材料有樓承鋼板及其組合板、PC板、蒸壓輕質加氣混凝土板(ALC)板等重量輕，保溫防火隔熱性能好、防火效果佳的輕質材料。
- (2)防火、防銹蝕問題冷軋型鋼結構的防火和防銹蝕是比較薄弱的環節。現在比較成熟的防銹方法，是熱浸鋅和熱浸鋁鋅等複合技術，防銹期限一般是20~30年。
- (3)防火採用耐火性能較高的板材，牆體採用不燃水泥基材結構板、耐火石膏板等作為基本材料。以延長牆體耐火時間，增強耐火完整性。

因此，冷軋型鋼構造建築中高層化，防火構造防火時效影響建築物安全與環境衝擊，對環境層面中所必須考量之因子。

3. 屬環保型建築

- (1)冷軋型鋼結構建築結構體系，正是工業化、標準化產業化的真正體現，是住宅的建築體系朝著安全、環保、節能和可持續發展方向發展的根本保障。節能、節地、節材。所採用的主要結構材料是冷軋型鋼，用鋼量少，且鋼材可回收利用。
- (2)冷軋型鋼結構工期比相應RC結構和SRC結構縮短1/3~1/2，加快了資金周轉，提高了資金的收益；環保效果好。
- (3)今天冷軋型鋼結構技術已經被廣泛的應用在低層以及中高層建築中，尤其是在北美、日本、澳洲、歐洲等發達國家和地區，以環保節能、經濟性良好見長的冷軋型鋼結構技術有逐步取代各種工法建築結構的趨勢，對環境層面中所必須考量之因子。

4. 綠構造方面

鋼材回收率為100%，施工作業，符合國家永持續發展和環保、節能、綠構造綠建築要

求。用回收廢鋼煉鋼，耗能僅為礦石冶煉的40%；鋼結構建築基本為工法作業，節約大量施工用水，改善混凝土結構施工環境髒亂、燥音大的局面；此外，牆體構造有空腔，室內外空氣在牆體內可流動，建築的熱工性能、建築居住舒適度好，符合國家可持續發展和環保、節能的要求，對環境層面中所必須考量之因子。

5. 空氣環境方面

- (1)冷軋型鋼結構圍護節能系統複合牆體技術，通過框架間填充保溫隔熱材料、結構有組織斷開或預留空隙的空氣層技術，以達到節能的要求。
- (2)冷軋型鋼結構建築的隔音問題成為了當今關注的焦點問題。其聲音的傳播主要有兩種形式，即空氣傳播與固體傳播。根據規定，其建築的最低隔音標準是40db。然而，在冷軋型鋼結構建築中，在內外牆之間填充足量的玻璃棉，這樣一來，便阻斷了空氣傳播；採用有效切槽的構造，能夠降低樓層間的固體聲傳播。因此，冷軋型鋼構造建築空氣環境，對環境層面中所必須考量之因子。

6. 營建中減廢方面

綠建築「結構合理化」、「建築輕量化」的要求，由設計的源頭來減少建材使用量，是釜底抽薪的「減廢」對策，也是減少營建廢棄物最好的辦法。冷軋型鋼結構的「建築輕量化」設計可以減輕結構體負擔，降低結構材料使用量，減低能源消耗量與二氧化碳排放量，對環境層面中所必須考量之因子。

7. 光環境方面

- (1)冷軋型鋼結構開口要求，於牆體轉角處的不宜開孔開窗採光，牆體門窗開口處應設置梁和立柱之間。
- (2)冷軋型鋼結構利用樓版框架預留穿線孔洞、隔牆框架縱向空間佈置電氣管線。在照明節能技術，主要包括高級光源利用技

術、高效燈具使用技術、有效照明技術、控制和管理技術等。另外冷軋型鋼結構特點之一對於新牆材應用範圍廣泛，可大量使用採光帶，使通風條件更好。因此，光對環境層面中所必須考量之因子。

8. 保溫節能方面

建築保溫節能技術美國冷軋型鋼住宅體系中，對保溫節能技術十分重視，對於牆來說為確保達到保溫效果，一般除了在牆的牆柱間填充玻璃纖維外，在牆外側再貼一層保溫材料，有效隔斷了通過牆柱至外牆板的熱橋；樓層之間擱柵內填充玻璃纖維，減少通過樓層的熱傳遞；所有內牆牆體的牆柱之間均填充玻璃纖維，減少戶牆之間的熱傳遞。因此，冷軋型鋼構造建築保溫節能方面，對環境層面中所必須考量之因子。

9. 結構安全方面

(1)冷軋型鋼結構承載强度高，抗震性能優越相同的荷載，冷軋型鋼結構截面最小；相同的截面，冷軋型鋼結構承載力最大。在抗震設計上，本身所受的地震作用小；而且，鋼材具有高延性，有較好的耗能能力，因此，抗震性能好，結構安全度高。

(2)冷軋型鋼結構建築設計，是整體結構共同受力，因此各構件必須組成連接可靠、傳力安全、協同工作，可以說連接的安全是保證結構安全的最重要的因素。冷軋鋼型鋼建築，正確的接合與接合物的設計與施工則是確保結構安全的首要條件之一。

(3)冷軋型鋼樓版的設計在考慮結構安全性的同時，還應該充分考慮它的適用性，經濟性；使建築中管線的鋪設同樓版的形式緊密的結合起來，既節約了造價，也可美化了室內環境。因此，冷軋型鋼構造建築結構安全，對環境層面中所必須考量之因子。

(七)、組裝層面

1. 構配件規格系列化、標準化

(1)美國：冷軋型鋼結構在美國發展最快，1965年冷軋型鋼結構在美國僅占建築市場15%；1990年就上升到53%，而1993年則已上升到68%，到2000年已經上升到75%。住宅用構件和部件的標準化、系列化，及其專業化、商品化、社會化程度很高，幾乎達到100%，各種施工機械、設備、儀器等租賃化非常發達，商品化程度達到40%，美國採用該體系建造的建築從20世紀90年代中期的55,000棟劇增為2000年的325,000棟。目前這種冷軋型鋼結構已成為國外的主要建築結構形式。

(2)有利於住宅產業化，冷軋型鋼結構現場拼裝，所用構件可實行模具數化設計、工廠標準化生產、市場化採購，配套性好，避免了現場人工製作對品質的影響，有利於推動建築朝向工業化和產業化發展。

(3)冷軋型鋼構材配件規格系列化、標準化可以實現建興建的工業化和產業化。冷軋型鋼結構在工廠製作，現場安裝，易於工廠規模生產和標準化、系列化，降低興建成本。利用先進的電腦輔助設計(CAD)和電腦輔助製造(CAM)技術，能及時、全面滿足用戶對建築的設計要求，效率高，報價快，造價低，供貨迅速。

2. 施工安裝簡單快速化、工期縮短

(1)冷軋型鋼由於質量輕、強度大、加工易、可回收等優點，已成為廣泛使用之工程材料，冷軋型鋼造型可多樣化、施工安裝簡單快速化、快速施工減少工期、維護及管理費低、易於變更。近年來，受到勞動人口減少、工資高漲的影響，以及社會大眾對於工地安全及環保建材的重視，高品質、輕量化、短工期、低勞動量之系統及模組化的冷軋型鋼建築構造已成為傳統鋼筋混凝土及鋼結構建築外的另一種選擇。

(2)冷軋型鋼結構由於具有強度高、自重輕、施工速度快等優點，故一直是人們喜愛採用的一種結構，近百年來得到了快速的發展。尤其是在 20 世紀下半葉，隨著世界鋼產量的大幅度增加，冷軋型鋼結構相對更加擴展了應用領域。

(3)在冷軋型鋼結構廠房方面，雖然現在有一部分廠房可用混凝土結構代替，但是隨著生產水準的高速發展、生產技術的不斷革新、廠房更加自動化生產，在柱距、跨度、高度和起重能力都日趨擴大，同時對建廠投產工期卻要求盡可能縮短，這些都促使冷軋型鋼結構發揮其特點，繼續保持並擴大這方面的應用領域。

3. 廠化與製程、產業化高

(1)建築產業化是指用工業化生產的方式來建造建築，是機械化程度不高和粗放式生產的生產方式升級換代的必然要求，以提高建築生產的勞動生產率，提高建築的整體品質，降低成本，降低物耗、能耗。

(2)建築產業現代化是建築產業化發展的更高階段。建築產業現代化是指以科技進步為核心，用現代科學技術改造傳統的建築產業，進一步通過建築設計的標準化，建築生產的工業化，採用“四新”技術(新技術、新材料、新工藝、新設備，以下簡稱“四新”)的大量推廣應用，提高科技進步對建築產業的貢獻率，大幅提高建築建設、管理的勞動生產率和建築的整體品質水準，全面改善建築的使用功能和居住品質，高速度、高品質、高效率地建設符合市場需求的高品質建築。

(3)完善標準體系，強化技術支撐，要制定建築產業現代化標準體系和實施機制。完善專案設計、部品部件生產、預製裝配式施工、竣工驗收、使用維護、評價認定等環節的標準、規範和規程，建立產業化技術、產品和部品部件的檢驗、檢測、評價認定

的品質保障體系。要不斷加大技術引導力度。充分借鑒國外經驗，梳理總結國內相對成熟的產業化結構技術體系，特別對裝配式冷軋型鋼結構技術進行重點研究和完善，加強對各地產業化項目的技術指導，加快裝配式結構、部品、部件的推廣力度。

4. 構造易施工管理、成品管制

(1)為了冷軋型鋼易施工管理，冷軋型鋼結構施工前承造人應依據設計圖說，事先繪製加工製作詳圖、現場施工圖（應註明冷軋型鋼構材加工製造、組合及安裝時所需之完整資料）及提送施工計畫書（含組合及安裝計畫書），並依設計及施工規範規定加工製作，結構組裝與架設應盡量以在工廠加工製作再運送至工地安裝為原則。

(2)冷軋型鋼易施工管理、成品管制，在工廠製造品質管制計畫安裝計畫書之內容包括基礎、牆面、樓版、屋頂、門窗開口等各部構材及接合部之各種構件之安裝、吊裝及接合等事宜。

(3)完善冷軋型鋼結構的生產與施工業者技術標準要求，要嚴格施工管理，保證各構件品質。品質要求冷軋型鋼構造施工由購料、加工、接合及安裝完成，均應詳細查驗證明其品質及精度，為確證施工能以達到設計標準。4. 由於冷軋型鋼結構之品質管制影響結構安全甚鉅，其型鋼材料、加工、接合、安裝中所造成之瑕疵均可能對結構產生不利之影響，並導致結構無法達到設計標準。施工規範除為協助施工順利進行外，確保、提升工程品質。

5. 整體品質管制及工程驗收

(1)為了使冷軋型鋼構製品於工地安裝後符合設計要求，並作為判定依據，冷軋型鋼構件於工地安裝後需針對其接合精度、相對位置、安裝變形等進行相關之尺寸檢測。檢驗項目包含有預埋鐵件安裝精度、構件長、寬、高、對角線組裝後基本尺寸、接

結合處精度、螺栓接合品質檢驗及工地接合品項之品質檢測等項目。

(2)冷軋型鋼結構工地之驗收應符合下列規定：①各分項工程品質檢測均應符合標準；②品質檢驗紀錄及資料應完整。

(3)冷軋型鋼結構工地驗收時應提供下列品質檢驗紀錄：①放樣工程檢驗單；②基礎螺栓工程品質檢驗單；③牆體工程品質檢驗單；④樓版格柵工程品質檢驗單；⑤屋架工程品質檢驗單；⑥外覆材工程品質檢驗單。

6. 型鋼構件安裝及精度

(1)工業化生產冷軋型鋼結構建築結構龍骨全部利用 CAD、CAM 設計圖進行計算機控制生產，構件尺寸精度達到毫米級，為後期裝修工程提供了良好的基礎。生產的工業化為該建築結構體系規模化、產業化發展提供了充分的空間。施工速度快，有利於房產開發項目資金快速回籠。

(2)環保冷軋型鋼結構是整合歐美冷軋型鋼結構技術系統，針對國內市場需求，集合優質材料系統，開發的一種新型冷軋型鋼結構低層建築。以單元構件組成的冷軋型鋼結構為主體，並採用集成方式，經工業化生產和機械化施工而建成的新型建築體系建築。

(3)實現了建築產業“五化”：建築設計標準化，部品生產工廠化，現場施工裝配化，結構裝修一體化，過程管理資訊化。

7. 整體組裝，可全天候作業

冷軋型鋼結構建築的施工方面的優勢，冷軋型鋼結構建築的大部分構件都在工廠製造，在施工現場螺栓連接進行整體組裝，生產效率高，且可全天候作業。施工現場作業量小，可以減少施工的臨時用地，與傳統建築材料相比，對環境污染小，建築垃圾少，再加上鋼結構本身還可以承擔施工荷載，施工時可以節省支模、拆模的材

料，加快施工速度，縮短工期，為降低造價、提高效益創造了條件。由此降低成本，大大加快施工速度。資金價值在施工中充分體現，減少資金成本，對開發商的銷售和資金回收極為有利。

8. 型鋼部件的生產、運輸、吊裝更加輕便

(1)冷軋型鋼結構的特點鋼材材料規格種類少，能夠標準化生產。冷軋型鋼結構變大型部件為梁、柱、板結構，部件的單位由大變小，部件的生產、運輸、吊裝更加輕便。而且部件的組裝空間的任意性強，能夠有效縮短施工週期，能夠提前投入使用。

(2)冷軋型鋼建築構材成品的儲放與運輸，在整個施工過程中介於工廠與工地之間，較易於忽略且疏於管理，但其重要性實不可忽略。尤其在施工之前必須在施工之前，必須配合吊裝時程作必要之預製及運輸路徑之規劃。冷軋型鋼建築構材因儲放與運輸不當而造成之損壞。型鋼框組架與構材運輸前，相關之連結板、螺栓、螺絲與接合鐵件附件需逐一備妥完整出料，容易受損及變形的構材，運輸前應妥善先行處理防護措施，以免變形。

(3)型鋼框組架與構材的堆置場應平整，一般框組架與構材應平放，但屋架則應採用垂直排列的堆放方法，堆放應嚴防發生碰撞、彎曲、扭曲等損害並注意框組架與構材之平衡、高度限制與防滑傾覆。框組架與構材之儲放，不得與地面直接接觸，且須注意通風，並應有防止污損及鏽蝕之適當措施，各框組架與構材儲放的位置、數量應做成紀錄，以便管理。框組架與構材運交至工地，應依工地工程師指示辦理，儲放場所須遵守作業場安全規定。

(4)冷軋型鋼結構的構材較輕，剛度較低，容易碰撞彎曲變形，運輸時應採取措施防止變形，框組架與構材運輸時須以鋼索固定

以防跳動與滑落，吊運時應注意吊點的位置和採取必要的臨時加固措施，使用的吊具應避免損傷構材和塗裝，亦要避免吊索本身損壞，以免造成意外。

9. 型鋼製造與加工及組裝

- (1) 建築技術規則構造編冷軋型鋼構造之設計原則(或要求)(或通則)規定第五百二十四條規定：冷軋型鋼結構施工前應依設計圖說，事先繪製施工圖；施工圖應註明構材於製造、組合及安裝時所需之完整資料，並應依設計及施工規範規定。
- (2) 冷軋型鋼結構構件可塑性強、應用廣泛，可以製造或組合成各種造型的結構，設計靈活。除了整體房屋產品，以冷成型鋼構件製造安裝方便組裝成的牆體、樓版、屋面、屋架、桁架、網架、平臺、樓梯、門窗等局部產品也被大量使用在建築興建之中。
- (3) 製造者應依品質管制計畫及核可之細部製作圖辦理自主品質管制及製造，並隨時接受起造人或監造人之抽驗。
- (4) 冷軋型鋼結構構材之彎曲與整平得以機械方式或加熱法加工，同時應避免因加工而引起之材料變質、斷面變形及內應力產生。
- (5) 工地安裝前，承造人應詳細勘查工地現場，並檢討各項安裝(含工地吊裝)事宜，製定詳細安裝計畫書，並提出設計及施工圖說有關安裝作業之質疑事項，送請監造人及起造人審核簽認。

然而經由文獻資料之歸納整理後，得到之七項考量層面與四十九項考量因子，其中各項考量因子彼此間之關係也有互相牽連之複雜情況，而且其國外資訊也出自不同之研究與論述。因此，必須以層級架構之方式做有系統之聯結(圖 3-4)，並且必須經由專家學者給予篩選或是提出必須增減之考慮因素，以提出較為完整之分析架構以提共後續 AHP 層

級分析法之分析。

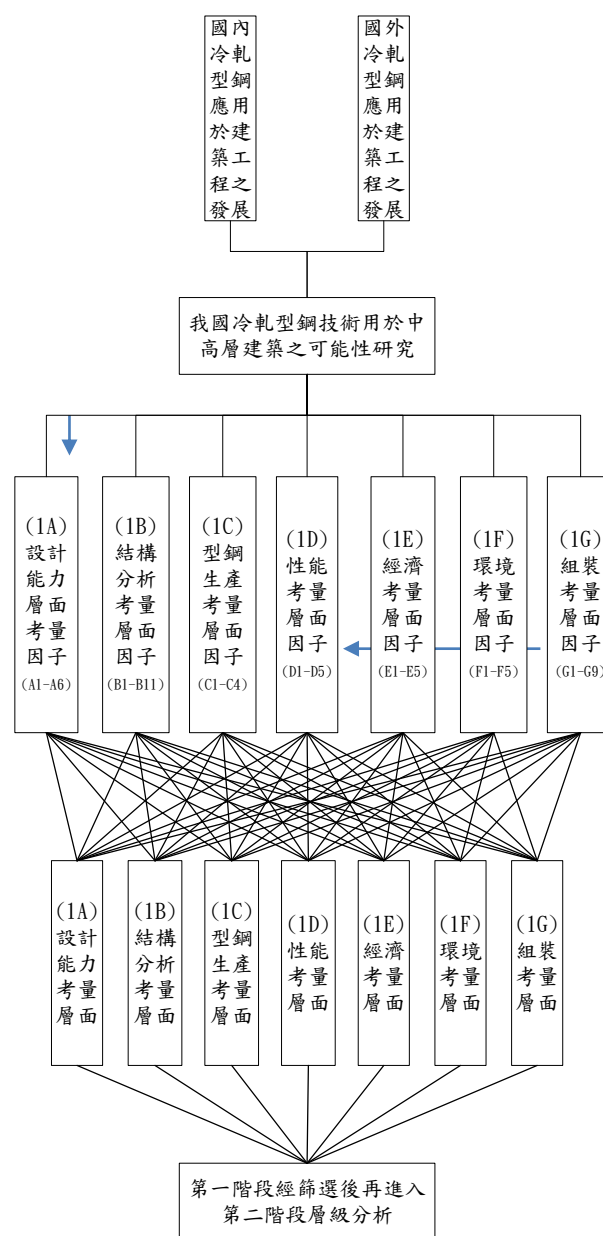


圖 3-4 第一階段層級分析圖

3.5 層級架構之評選

(一) 第一階段評選

1. 第一階段問卷調查與對象選擇

然而本研究為了能夠取得較為精確與客觀之評選結果，其調查之專家與學者對象則以與冷軋型鋼構造建築領域相關之冷軋型鋼協會、建築師、結構技師、學術機關、建管使管、型鋼產業、興建廠商等各界專家，總共徵詢七十五名專家之意願，其中包含了冷軋

型鋼協會 15 名、建築師 12 名、結構技師 15 名、學術機關 5 名、建管使管 9 名、型鋼產 10 名、興建廠商 9 名。而獲得確實回應者之 38 名有效問卷回收冷軋型鋼協會 6 份、建築師 5 份、結構技師 6 份、學術機關 3 份、建管使管 4 份、型鋼產 6 份、興建廠商 8 份；初步篩選無效問卷共有 4 份有效問卷 34 份其結果如統計表(表 3-6)

表 3-6 第一階段專家學者問卷回收統計表

人員	問卷	回收	有效	無效	問卷編號	有效編號
冷軋型鋼協會	15	6	5	1	1-15	1-5
建築師	12	5	5		16-27	6-10
結構技師	15	6	6		28-42	11-16
學術機關	5	3	3		43-47	17-19
建管使管	9	4	4		48-56	20-23
型鋼產業	10	6	5	1	57-66	24-28
興建廠商	9	8	6	2	67-75	29-34
統計	75	38	34	4		

2. 回收率統計

第一次問卷而獲得確實回應者之 38 名有效問卷回收率冷軋型鋼協會 40%、建築師 42%、結構技師 40%、學術機關 60%、建管使管 44%、型鋼產 40%、興建廠商 89%其結果如統計表(表 3-7)

表 3-7 第一階段問卷回收率統計表

人員	回收率	回收	問卷
輕鋼協會	40%	6	15
建築師	42%	5	12
結構技師	40%	6	15
學術機關	60%	3	5
建管使管	44%	4	9
型鋼產業	60%	6	10
興建廠商	89%	8	9
統計	51%	38	75

3. 問卷彙整與 AHP 演算

(1) 問卷分析結果

針對位專家學者對 49 項各項考量因子之評選值，運用 Excel 計算所有決策專家對各影響因子之評估值（幾何平均數） >0.0091 以上，做為篩選基準門檻，選出 29 項考量因子，經運算之結果，如以下表所示(表 3-8)；

表 3-8 第一階段專家學者評定之對比矩陣一致性檢定計算統計表

項目	C. I. <0.2 以下	C. I. >0.2 以上	屬於符合一致性檢定	屬於不符合一致性檢定	問卷份數	有效問卷
第一階段整體層面考量對比	31	3	31	3	34	31
第一階段設計能力層面考量因子對比	31	3	31	3	34	31
第一階段結構分析層面考量因子對比	30	4	30	4	34	30
第一階段型鋼生產層面考量因子對比	31	3	31	3	34	31
第一階段性能層面考量因子對比	32	2	32	2	34	32
第一階段經濟層面考量因子對比	30	4	30	4	34	30
第一階段環境層面考量因子對比	30	4	30	4	34	30
第一階段組裝層面考量因子對比	30	4	30	4	34	30

(2) 專家學者意見之彙整

此外對本次問卷層級架構所提出之專家學者共有 4 位，提出之建議，本研究冷軋行鋼結構若要中高層化，在經濟層面有兩項因子「結構抗震性能好之考量」、「材料生產成本佳之考量」也可納在性能層面之因子中考量，環境層面與該工法中高層化較無直接關係可免納入評估中，將其歸納彙整如(表 3-9)

表 3-9 專家學者意見彙整表

性能考量層面	建議一：在環境考量層面中結構抗震性能好之考量，應該移至性能考量層面評估較適宜。 建議二：建築材料優越與生產也會影響到性能，若能把材料生產優越，納入在性能層面考量之一予以評估。
環境考量層面	建議一：有兩位專家認為該工法發展中高層化與環境之因子較無直接關係，可免納入評估分析中。

(二) 第二階段評選

1. 第二階段層級架構

本研究台灣冷軋型鋼技術用於中高層建築之可能性，經第一階段問卷評選值後剔除評估值較底因子，其中環境層面考量因子評估值均 <0.0090 以下，專家學者認為與本次此類工法建築中高層化較不相關；另外「經濟層面」考量因子剩下兩項因子「結構抗震性能好之考量」、「材料生產成本佳之考量」通過門檻，剛好第一階段問卷時有兩位專家學者提出建議這兩項因子，也可以納在「性能層面」之因子中考量。於是本研究於第二階段時選擇五項層面及 29 項考量因子，進入第二階段內容之層級架構(圖 3-5)為基礎，共分為「設計能力」、「結構分析」、「型鋼生產」、「性能」、「組裝」等五項考量層面與「設計者在結構概念仍需加強」、「全面提升冷軋型鋼設計者

的綜合素質」、「設計者規劃設計理念不完善」、「如何實現冷軋型鋼結構的優化設計」、「設計者對結構抗震性能認識不足」、「節點接合設計」、「結構系統韌性容量」、「組合結構體系」、「型鋼構材截面小」、「構造輕量化、結構穩定」、「型鋼撓曲構材」、「軸心載重受壓構材」、「型鋼受拉構材」、「製作、安裝、品管」、「肢材尺寸之限制」、「承受軸力及彎矩構材」、「CAD+CAM 自動化連一體」、「自動化型鋼機生產」、「可提高生產效率,減少出錯率」、「設計就能配備齊牆框板塊組裝連接」、「在節能降耗性能方面」、「構件截面小,有效空間大」、「材料均勻,塑韌性性能好」、「結構抗震性能好」、「材料生產成本佳」、「構配件規格系列化、標準化」、「施工安裝簡單快速化、工期縮短」、「廠化與製程、產業化高」、「易施工管理、成品管制」、「整體品質管制及工程驗收」、「製造與加工及組裝」等二十九項之考量因子共專家學者評選架構,然而除了預先擬定之考量因子的評選之外,本研究問卷也針對考量層面與考量因子之缺漏處,請專家學者於建議補充欄予以補正,其主要問卷內容請參閱(附錄、二)因此,第二階段必須以層級架構之方式做有系統之聯結(圖 3-6),並且必須經由專家學者給予地一階段篩選之後,再提出必須增減之考慮因素,以提出較為完整之分析架構以提共後續第二次 AHP 層級分析法之分析。

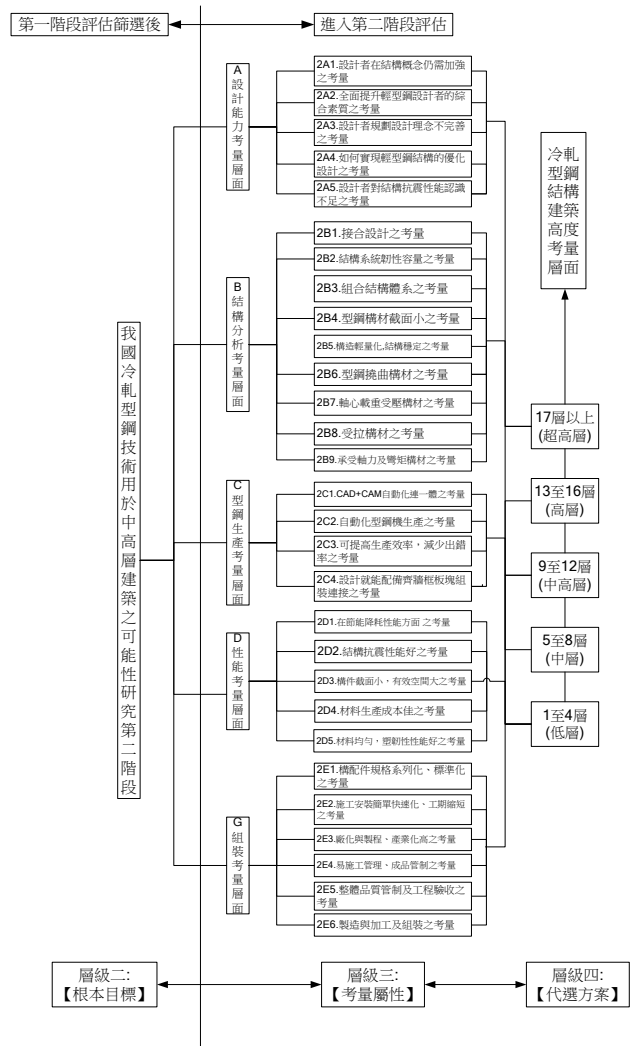


圖 3-5 第二階段層級架構圖

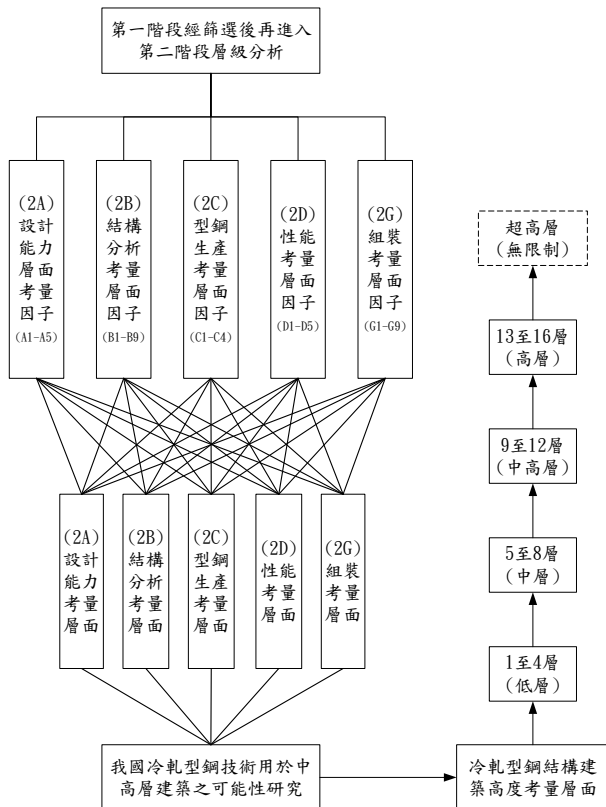


圖 3-6 第二階段層級分析圖

2. 第二階段問卷調查與對象選擇

然而本研究為了能夠取得較為精確與客觀進入第二階段之評選結果，其調查之專家與學者對象則以與冷軋型鋼構造建築領域相關之冷軋型鋼協會、建築師、結構技師、學術機關、建管使管、型鋼產業、興建廠商等各界專家，總共徵詢四十五名專家之意願，其中包含了冷軋型鋼協會 10 名、建築師 12 名、結構技師 12 名、學術機關 4 名、型鋼產 7 名。而獲得確實回應者之 34 名有效問卷回收冷軋型鋼協會 9 份、建築師 8 份、結構技師 8 份、學術機關 3 份、型鋼產 6 份；篩選無效問卷共有 2 份有效問卷 32 份其結果如統計表(表 3-10)

表 3-10 第二階段專家學者問卷回收統計表

我國冷軋型鋼技術用於中高層建築之可能性研究第二階段受訪專家問卷						
人員	問卷	回收	有效	無效	問卷編號	有效編號
冷軋型鋼協會	10	9	8	1	1-10	1-8
建築師	12	8	8		11-22	9-16
結構技師	12	8	8		23-34	17-24
學術機關	4	3	3		35-38	25-27
型鋼產業	7	6	5	1	39-45	28-32
統計	45	34	32	2		

3. 回收率統計

第一次問卷而獲得確實回應者之 34 名有效問卷回收率冷軋型鋼協會 90%、建築師 67%、結構技師 67%、學術機關 75%、型鋼產 86%其結果如統計表(表 3-11)

表 3-11 第二階段問卷回收率統計表

我國冷軋型鋼技術用於中高層建築之可能性研究第二階段受訪專家問卷回收率			
人員	回收率	回收	問卷
輕鋼協會	90%	9	10
建築師	67%	8	12
結構技師	67%	8	12
學術機關	75%	3	4
型鋼產業	86%	6	7
統計	76%	34	45

4. 問卷彙整與 AHP 演算

(1) 問卷分析結果

針對 34 位專家學者對 29 項各項考量因子之評選值，運用 Excel 計算所有決策專家對各影響因子之評估值，經運算之結果，如下表所示(表 3-12)；

表 3-12 第二階段專家學者評定之對比矩陣一致性檢定計算統計表

本研究冷軋型鋼技術用於中高層建築之可能性-第二階段AHP/問卷/對比矩陣一致性檢定						
人員	C.I. <0.2以下	C.I. >0.2以上	屬於符合一致性檢定	屬於不符合一致性檢定	問卷份數	有效問卷
第二階段整體層面考量因子對比	31	1	31	1	32	31
第二階段設計能力層面考量因子對比	30	2	30	2	32	30
第二階段結構分析層面考量因子對比	30	2	30	2	32	30
第二階段型鋼生產層面考量因子對比	31	1	31	1	32	31
第二階段性能層面考量因子對比	30	2	30	2	32	30
第二階段組裝層面考量因子對比	32	0	32	0	32	32

(三) 層級評選結果

以上針對台灣冷軋型鋼技術用於中高層建築之可能性，依據層級分析法之全部專家學者評估本研究之整體層級架構(圖 3-7)，以整體層級分析之方式做有系統之聯結(圖 3-8)之完整 AHP 層級分析法之分析結果做為第四章研究分析與探討。

以上針對台灣冷軋型鋼技術用於中高層建築之可能性，依據層級分析法之全部專家學者評估本研究之整體層級架構(圖 3-7)，以整體層級分析之方式做有系統之聯結(圖 3-8)之完整 AHP 層級分析法之分析結果做為第四章研究分析與探討。

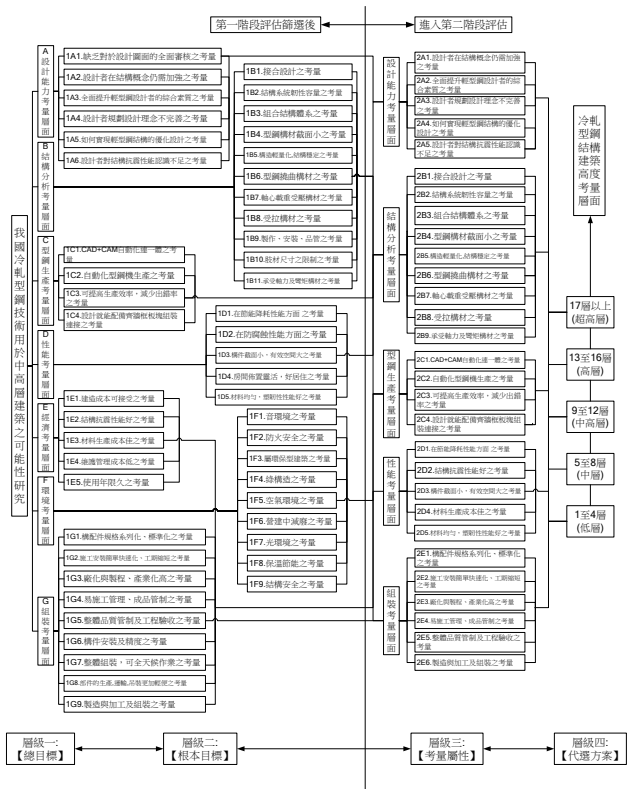


圖 3-7 本研究整體層級架構圖

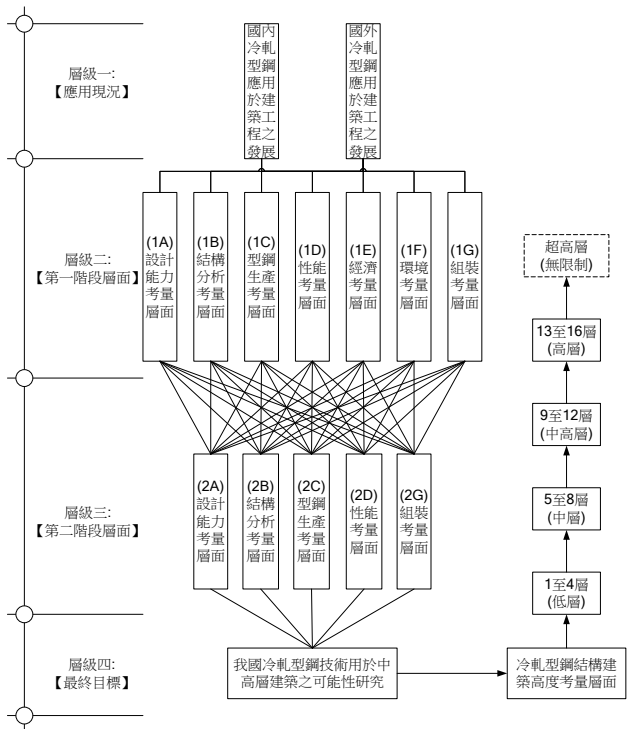


圖 3-8 本研究整體層級分析圖

於中高層建築之可能性」相關議題，本研究蒐集冷軋型鋼技術相關國內外文獻，經由「文獻回顧分析」歸納整理第一階段七大層面，包含四十九項評估因子，作為「層級分析法」專家問卷之初擬評估架構體系。藉由「層級分析法」專家問卷，利用模糊理論之模糊積分數來整合專家意見，經「模糊灰色地帶檢定」客觀檢驗專家認知是否達到收斂，據以判斷是否達到共識，再以門檻值(>0.0090)及檢驗篩選刪除二十項評估因子，再進入第二階段五大層面包含二十九項評估因子，作為「層級分析法」專家問卷之第二次擬評估架構體系。確立建構本研究「台灣冷軋型鋼技術用於中高層建築之可能性」評估體系。

3.7 小結

綜合上述，為探討「台灣冷軋型鋼技術用

四、研究結果分析

4.1 研究結果分析之理論與方法

本研究透過文獻與層級分析法之專家學者問卷調查分析與探討得知，在台灣建築混凝土構造普遍應用的現況及冷軋型鋼構造單價偏高之下，發展冷軋型鋼技術應用於中高層建築構造是否可行性，經本研究收集的國外有關文獻進行綜合分析比較分析，要發展國內中高層化冷軋型鋼構造則必須由「設計能力」、「結構分析」、「型鋼生產」、「性能」、「經濟」、「環境」、「組裝」等各層面予以考量與評估方能依據其各項考量因子之重要性擬定較佳的推動策略。因此本研究將各考量層面與考量因子之層級分析架構經由專家學者之評選與篩選後，利用層級分析法之問卷調查方式，由相關專家學者依層級架構中之考量層面與考量因子進行兩兩相對權重之比較，取平均值之原則求得各考量層面與因子之重要性排序，以作為本研究議題分析之參考。

4.2 層級分析法之評選演算分析

本研究專家學者問卷調查分第一階段與第二階段之過程於第三章中就敘述，本研究就層級分析問卷調查與評選演算，本章節僅就評估權重值演算結果做分析與可能性探討。

4.3 層級分析信效度與一致性檢定

4.3.1 第一階段成對比較矩陣之建立與信效度及一致性檢定

本研究第一階段各層面考量因子依據層級分析法之步驟，依各受訪專家對各考量層面與因子之評估比較值，建立成對比較矩陣，以求第一階段得各受訪專家對各項考量層面與因子評定之權重值以及檢視受訪者評估結果之一致性，以篩選不合理之無效問卷與剔除層面層次來確保本研究調查之客觀性與合理性，其計算過程本研究則將公式 3-1、3-2、3-3，運用 AHP 軟體之函數計算功能進行運算，

其過程列表則如下列各節所述。

1. 建立「整體」各考量層面之成對比較矩陣與一致性檢定(以 H-NO.1 受訪者專家之評估計算為例)

(1) 依據問卷所得之評估比較值建立成對比較矩陣。

H-NO.1	設計能力層面	結構分析層面	型鋼生產層面	性能層面	經濟層面	環境層面	組裝層面	幾何平均數	權重值	優先向量值
設計能力層面	1	1	1	9	9	7	2	2.7313	0.2726	2.04
結構分析層面	1	1	1	7	7	7	3	2.6937	0.2688	1.94
型鋼生產層面	1	1	1	7	7	5	2	2.4228	0.2418	1.78
性能層面	1/9	1/7	1/7	1	7	3	1	0.6473	0.0646	0.56
經濟層面	1/9	1/7	1/7	1/7	1	1	1/2	0.2874	0.0287	0.22
環境層面	1/7	1/7	1/5	1/3	1	1	1/3	0.3329	0.0332	0.24
組裝層面	1/2	1/3	1/2	1	2	3	1	0.9057	0.0904	0.66
	$\lambda=7.55$	C.I.=0.09	C.R.=0.07				總和	10.02	1	

(2) 以幾何平均數之計算方式整合(H-NO.1)

受訪者對各考量層面之比較值(幾何平均數值)及其總和。例如:經濟層面之幾何平均數值= $\sqrt[7]{1 * 1 * 1 * 9 * 9 * 7 * 2}$ ，EXCEL 函數=GEOMEAN(設計能力層面~組裝層面)。

H-NO.1	設計能力層面	結構分析層面	型鋼生產層面	性能層面	經濟層面	環境層面	組裝層面	幾何平均數	權重值	優先向量值
設計能力層面	1	1	1	9	9	7	2	2.7313	0.2726	2.04
結構分析層面	1	1	1	7	7	7	3	2.6937	0.2688	1.94
型鋼生產層面	1	1	1	7	7	5	2	2.4228	0.2418	1.78
性能層面	1/9	1/7	1/7	1	7	3	1	0.6473	0.0646	0.56
經濟層面	1/9	1/7	1/7	1/7	1	1	1/2	0.2874	0.0287	0.22
環境層面	1/7	1/7	1/5	1/3	1	1	1/3	0.3329	0.0332	0.24
組裝層面	1/2	1/3	1/2	1	2	3	1	0.9057	0.0904	0.66
	$\lambda=7.55$	C.I.=0.09	C.R.=0.07				總和	10.02	1	

(3) 將各層面整合值(幾何平均數)除以整合值之總和求取各考量層面之權重值，之總和必為 1。例如:經濟層面之(權重

$$\text{值}) = \frac{2.7313}{10.03} = 0.2726$$

H-NO.1	設計能力層面	結構分析層面	型鋼生產層面	性能層面	經濟層面	環境層面	組裝層面	幾何平均數	權重值	優先向量值
設計能力層面	1	1	1	9	9	7	2	2.7313	0.2726	2.04
結構分析層面	1	1	1	7	7	7	3	2.6937	0.2688	1.94
型鋼生產層面	1	1	1	7	7	5	2	2.4228	0.2418	1.78
性能層面	1/9	1/7	1/7	1	7	3	1	0.6473	0.0646	0.56
經濟層面	1/9	1/7	1/7	1/7	1	1	1/2	0.2874	0.0287	0.22
環境層面	1/7	1/7	1/5	1/3	1	1	1/3	0.3329	0.0332	0.24
組裝層面	1/2	1/3	1/2	1	2	3	1	0.9057	0.0904	0.66
	$\lambda=7.55$	C.I.=0.09	C.R.=0.07				總和	10.02	1	

(4) 各考量層面織成對比較值分別乘以其權重值之總和，既為各考量層面之優先向量值(W)例如:經濟層面之

$$(W) = (1 * 0.2726) + (1 * 0.2688) + (1 * 0.2418) + (9 * 0.0646) + (9 * 0.0287) + (7 * 0.0332) + (2 * 0.0904) = 2.04$$

H-NO. 1	設計能力層面	結構分析層面	型鋼生產層面	性能層面	經濟層面	環境層面	組裝層面	幾何平均數	權重值	優先向量值W
設計能力層面	1	1	1	9	9	7	2	2.7313	0.2726	2.04
結構分析層面	1	1	1	7	7	7	3	2.6937	0.2688	1.94
型鋼生產層面	1	1	1	7	7	5	2	2.4228	0.2418	1.78
性能層面	1/9	1/7	1/7	1	7	3	1	0.6473	0.0646	0.56
經濟層面	1/9	1/7	1/7	1/7	1	1	1/2	0.2874	0.0287	0.22
環境層面	1/7	1/7	1/5	1/3	1	1	1/3	0.3329	0.0332	0.24
組裝層面	1/2	1/3	1/2	1	2	3	1	0.9057	0.0904	0.66
	$\lambda=7.55$	C.I.=0.09	C.R.=0.07				總和	10.02	1	

(5)各考量層面之「優先向量值(W)」除以「權重值」之總和再除以其評估項目數，既可求得特徵值(λ)，再依公式(3-2)、(3-3)及兩兩比對矩陣求出 C. I. 值與 C. R. 值。

例如：① $\lambda = [(2.04 \div 0.2726) + (1.94 \div$

$$0.2688) + (1.78 \div 0.2418) + (0.56 \div 0.0646) + (0.22 \div 0.0287) + (0.24 \div 0.0332) + (0.66 \div 0.0904)] \div 7 = 7.55 ;$$

② $C. I. = (7.55 - 1) \div (7 - 1) = 0.09 ;$

③ $C. R. = (0.09 \div 1.32) = 0.07$ (符合一致性檢定)。

H-NO. 1	設計能力層面	結構分析層面	型鋼生產層面	性能層面	經濟層面	環境層面	組裝層面	幾何平均數	權重值	優先向量值W
設計能力層面	1	1	1	9	9	7	2	2.7313	0.2726	2.04
結構分析層面	1	1	1	7	7	7	3	2.6937	0.2688	1.94
型鋼生產層面	1	1	1	7	7	5	2	2.4228	0.2418	1.78
性能層面	1/9	1/7	1/7	1	7	3	1	0.6473	0.0646	0.56
經濟層面	1/9	1/7	1/7	1/7	1	1	1/2	0.2874	0.0287	0.22
環境層面	1/7	1/7	1/5	1/3	1	1	1/3	0.3329	0.0332	0.24
組裝層面	1/2	1/3	1/2	1	2	3	1	0.9057	0.0904	0.66
	$\lambda=7.55$	C.I.=0.09	C.R.=0.07				總和	10.02	1	

其結果共有 31 份符合一致性檢定 <0.2 ，有 3 份不符合一致性檢定 >0.2 。(此 4 份剔除)，同理，H-NO. 1~H-NO. 30 之「整體」各考量層面成對比較矩陣與一致性檢定運算皆比照步驟(1)~(5)計算結果取 30 份。

2. 建立「設計能力」層面各考量因子之成對比較矩陣與一致性檢定(以 H-NO. 1 受訪者專家之評估值計算為例) 其結果有 31 份符合一致性檢定 <0.2 ，有 3 份不符合一致性檢定 >0.2 。(此 4 份剔除)，同理，H-NO. 1~H-NO. 30 之「設計能力」層面各考量因子成對比較矩陣與一致性檢定運算皆比照步驟(1)~(5)計算結果取 30 份如附表。

H-NO. 1	型鋼概念設計	結構概念設計	設計理念之完善	設計理念之優化	設計理念之實踐	設計理念之推廣	幾何平均數	權重值	優先向量值W
型鋼概念設計	1	1/7	1/7	1/5	1/3	1/5	0.2772	0.0272	0.22
結構概念設計	7	1	1	9	3	3	2.3056	0.2306	1.83
設計理念之完善	7	1	1	9	3	3	2.4403	0.2440	2.25
設計理念之優化	3	1/9	1/5	1	5	3	1.1225	0.1123	0.98
設計理念之實踐	3	1/9	1/5	1/5	1	1	0.5848	0.0585	0.48
設計理念之推廣	5	1/3	1/3	1/2	1	1	0.8078	0.0808	0.63
	$\lambda=6.45$	C.I.=0.09	C.R.=0.07				總和	6.03	1

3. 建立「結構分析」層面各考量因子之成對比較矩陣與一致性檢定(以 H-NO. 1 受訪者專家之評估值計算為例) 其結果有 30 份符合一致性檢定 <0.2 ，有 4 份不符合一致性檢定 >0.2 。(此 4 份剔除)，同理，H-NO. 1~H-NO. 30 之「結構分析」層面各考量因子成對比較矩陣與一致性檢定運算皆比照步驟(1)~(5)計算結果取 30 份如附表。

H-NO. 1	型鋼結構設計	型鋼結構設計	型鋼結構設計	型鋼結構設計	型鋼結構設計	型鋼結構設計	型鋼結構設計	型鋼結構設計	型鋼結構設計	幾何平均數	權重值	優先向量值W		
型鋼結構設計	1	1/3	1/6	1	5	2	1	1/2	1	3	1	0.9835	0.0933	1.00
型鋼結構設計	3	1	1	3	2	3	1	4	3	3	1/2	1.1092	0.1100	1.78
型鋼結構設計	6	1	1	1	5	5	1	2	5	4	1/3	1.1056	0.1100	1.19
型鋼結構設計	1	1/3	1	1	1	4	1	3	4	4	1/3	1.2288	0.1200	1.29
型鋼結構設計	1/5	1/3	1/6	1	1	1	1/5	2	3	3	1/3	0.8887	0.0852	0.87
型鋼結構設計	1/2	1/3	1/6	1	1	2	4	6	2	1	0.9759	0.0930	1.08	
型鋼結構設計	1	1	1	1	5	1/2	1	3	4	3	1	1.0534	0.1030	1.41
型鋼結構設計	2	1/4	1/5	1/5	1/2	1/4	1/3	1	1	2	1/4	0.5163	0.0504	0.51
型鋼結構設計	1	1/3	1/6	1/4	1/3	1/6	1/4	1	1	1	1/3	0.4228	0.0403	0.40
型鋼結構設計	1/3	1/3	1/4	1/4	1/3	1/2	1/3	1/2	1	1	1/3	0.3743	0.0367	0.33
型鋼結構設計	1	2	3	3	3	1	1	4	3	9	1	2.1996	0.1879	2.39
	$\lambda=12.84$	C.I.=1.08	C.R.=0.12							總和	13.10	1		

4. 建立「型鋼生產」層面各考量因子之成對比較矩陣與一致性檢定(以 H-NO. 1 受訪者專家之評估值計算為例) 其結果有 31 份符合一致性檢定 <0.2 ，有 3 份不符合一致性檢定 >0.2 。(此 4 份剔除)，同理，H-NO. 1~H-NO. 30 之「型鋼生產」層面各考量因子成對比較矩陣與一致性檢定運算皆比照步驟(1)~(5)計算結果取 30 份如附表。

H-NO. 1	CAD+CAM一體化	自動型鋼機生產	高生產少出錯	總裝板塊組裝	幾何平均數	權重值	優先向量值W
CAD+CAM一體化	1	5	5	7	3.6371	0.6052	2.69
自動型鋼機生產	1/5	1	5	5	1.4953	0.2488	1.10
高生產少出錯	1/5	1/5	1	2	0.5318	0.0885	0.37
總裝板塊組裝	1/7	1/5	1/2	1	0.3457	0.0575	0.24
	$\lambda=4.31$	C.I.=0.10	C.R.=0.11		總和	6.01	1

5. 建立「性能」層面各考量因子之成對比較矩陣與一致性檢定(以 H-NO. 1 受訪者專家之評估值計算為例) 其結果有 32 份符合一致性檢定 <0.2 ，有 2 份不符合一致性檢定 >0.2 。(此 4 份剔除)，同理，H-NO. 1~H-NO. 30 之「性能」層面各考量因子成對比較矩陣與一致性檢定運算皆比照步驟(1)~(5)計算結果取 30 份如附表。

H-NO.1	節能降耗性能	防腐蝕性能	斷面小、空間大	傳量靈活、好居住	材料、靈動性好	幾何平均數	權重值	優先向量值
節能降耗性能	1	7	2	8	1	2.5695	0.3696	1.99
防腐蝕性能	1/7	1	1/4	8	1/2	0.6776	0.0975	0.57
斷面小、空間大	1/2	4	1	8	1/2	1.5157	0.2180	1.15
傳量靈活、好居住	1/8	1/8	1/8	1	1/8	0.1895	0.0273	0.15
材料、靈動性好	1	2	2	8	1	2.0900	0.2877	1.51
	$\lambda=5.44$	C.I.=0.11	C.R.=0.10			總和	6.95	1

6. 建立「經濟」層面各考量因子之成對比較矩陣與一致性檢定(以 H-NO.1 受訪者專家之評估值計算為例) 其結果有 30 份符合一致性檢定 <0.2 ，有 4 份不符合一致性檢定 >0.2 。(此 4 份剔除)，同理，H-NO.1~H-NO.30 之「經濟」層面各考量因子成對比較矩陣與一致性檢定運算皆比照步驟(1)~(5)計算結果取 30 份如附表。

H-NO.1	建造成本可接受	結構抗震性能好	材料生產成本低	維護管理成本低	使用年限久	幾何平均數	權重值	優先向量值
建造成本可接受	1	1/7	1/7	1/3	1/3	0.2959	0.0417	0.22
結構抗震性能好	7	1	5	5	3	3.4997	0.4935	2.88
材料生產成本低	7	1/5	1	5	3	1.8384	0.2593	1.45
維護管理成本低	3	1/5	1/5	1	1	0.6544	0.0923	0.48
使用年限久	3	1/3	1/3	1	1	0.8927	0.1132	0.58
	$\lambda=5.40$	C.I.=0.10	C.R.=0.09			總和	7.09	1

7. 建立「環境」層面各考量因子之成對比較矩陣與一致性檢定(以 N01 受訪者專家之評估值計算為例) 其結果有 30 份符合一致性檢定 <0.2 ，有 4 份不符合一致性檢定 >0.2 。(此 4 份剔除)，同理，H-NO.1~H-NO.30 之「環境」層面因子各考量成對比較矩陣與一致性檢定運算皆比照步驟(1)~(5)計算結果取 30 份如附表。

H-NO.1	音環境方面	防火安全方面	環境保護方面	結構安全方面	空氣環境方面	交通中疏解	日照環境方面	景觀環境方面	結構安全方面	幾何平均數	權重值	優先向量值
音環境方面	1	1/3	1/6	1	1	1/2	1	1	1	0.4715	0.0610	0.89
防火安全方面	3	1	1	3	3	3	3	3	1/2	1.9229	0.1751	1.66
環境保護方面	6	1	1	1	5	5	5	4	1/3	2.1544	0.1938	2.00
結構安全方面	1	1/3	1	1	1	4	4	4	1/3	1.2435	0.1139	1.19
空氣環境方面	1	1/3	1/5	1	1	3	3	1/3	0.8383	0.0769	0.73	
交通中疏解	2	1/3	1/5	1/4	1	1	1	2	1/4	0.6345	0.0577	0.56
日照環境方面	1	1/3	1/5	1/4	1/3	1	1	1/3	0.4971	0.0452	0.45	
景觀環境方面	1	1/3	1/4	1/4	1/3	1/2	1	1	1/9	0.4175	0.0389	0.36
結構安全方面	1	2	3	3	3	4	3	9	1	2.6297	0.2382	2.51
	$\lambda=10.11$	C.I.=0.14	C.R.=0.10							總和	11.00	1

8. 建立「組裝」層面各考量因子之成對比較矩陣與一致性檢定(以 H-NO.1 受訪者專家之評估值計算為例) 其結果有 30 份符合一致性檢定 <0.2 ，有 4 份不符合一致性檢定 >0.2 。(此 4 份剔除)，同理，H-NO.1~H-NO.30 之「組裝」層面各考量因子成對比較矩陣與一致性檢定運算皆比照步驟(1)~(5)計算結果取 30 份如附表。

H-NO.1	傳統材料多利、採集地土專業	加工型專業鋼材、二期鋼材專業	最新鋼材、專業化、鋼材專業	最新鋼材、專業化、鋼材專業	最新鋼材、專業化、鋼材專業	最新鋼材、專業化、鋼材專業	最新鋼材、專業化、鋼材專業	最新鋼材、專業化、鋼材專業	最新鋼材、專業化、鋼材專業	最新鋼材、專業化、鋼材專業	幾何平均數	權重值	優先向量值
傳統材料多利、採集地土專業	1	1	1/6	1/7	1	1	1	1	1	1	0.6601	0.0648	0.75
加工型專業鋼材、二期鋼材專業	1	1	1	3	3	3	3	3	3	1	1.8411	0.1808	1.77
最新鋼材、專業化、鋼材專業	6	1	1	1	2	3	3	3	3	1/3	1.6824	0.1653	1.63
最新鋼材、專業化、鋼材專業	7	1/3	1	1	1	3	2	3	1/3	1.2407	0.1317	1.47	
最新鋼材、專業化、鋼材專業	1	1/3	1/2	1	1	1/2	1	2	1/3	0.7253	0.0712	0.70	
最新鋼材、專業化、鋼材專業	1	1/3	1/3	1/3	2	1	1/2	1	1/4	0.5944	0.0584	0.57	
最新鋼材、專業化、鋼材專業	1	1/3	1/3	1/2	1	2	1	1/2	1/3	0.6420	0.0631	0.60	
最新鋼材、專業化、鋼材專業	1	1/3	1/3	1/2	1	2	1	1/2	1/2	0.6420	0.0631	0.61	
最新鋼材、專業化、鋼材專業	1	1	3	3	3	4	3	2	1	2.9530	0.2917	2.10	
	$\lambda=10.16$	C.I.=0.14	C.R.=0.10							總和	10.18	1	

9. 第一階段回收有效問卷 AHP/問卷/對比矩陣一致性檢定，其結果屬於符合一致性檢定 C.I. <0.2 以下，如表(分別 31 份、31 份、30 份、31 份、32 份、30 份、30 份、30 份)為了整體權重評估值演算方便性，以最低公約數 30 份基準(詳如表 3-8)，選取各各之平均值，進行下步驟演算。

10. 本研究採用由 L. J. Cronbach 公式(3-5)演算驗證結果信效度值 $\alpha > 0.7$ ，代表在第一階段專家學者問卷九道層面題目測試結果信度是衡量沒有誤差的程度，也是測驗結果的一致性具高可信度(表 4-1)檢驗結果。

表 4-1 第一階段問卷調查信效度 α 值檢驗結果

本研究冷軋型鋼技術用於中高層建築之可能性-第一階段專家學者問卷調查[信效度] α 值篩選 >0.7 以上為有效信度			
項次	問卷調查項目	信效度 α 值	>0.7 有效信度
1	整體層面	0.846	>0.7 有效信度
2	A設計能力考量層面	0.921	>0.7 有效信度
3	B結構分析考量層面	0.831	>0.7 有效信度
4	C型鋼生產考量層面	0.730	>0.7 有效信度
5	D性能考量層面	0.877	>0.7 有效信度
6	E經濟考量層面	0.940	>0.7 有效信度
7	F環境層面	0.792	>0.7 有效信度
8	G組裝考量層面	0.773	>0.7 有效信度

11. 根據 30 份一致性檢定，選取各各之平均值，進行層級串聯權重評估值演算及各層面之排序與整體排序，篩選權重值，較低值剔除，並分析探討有哪些層面與考量因子，再進入第二階段 AHP 評選。其第一階段專家學者層面各考量因子之 AHP 權重分析演算表結果如(演算表 4-2)、(權重分析圖 4-1)、(整體排序圖 4-2)

表 4-2 第一階段 AHP 權重分析演算表

考量層面	考量因子	AVG	層級串聯	各層面之排序	整體排序	
A 設計能力 考量層面 (0.1708)	1A-1. 缺乏對於設計圖面的全面審核之考量	0.0394	0.0067	6	36	
	1A-2. 設計者在結構概念仍需加強之考量	0.4807	0.0821	1	2	
	1A-3. 全面提升冷軋型鋼設計者的綜合素質之考量	0.1894	0.0324	2	9	
	1A-4. 設計者規劃設計理念不完善之考量	0.1084	0.0182	4	20	
	1A-5. 如何實現冷軋型鋼結構的優化設計之考量	0.0586	0.0100	5	27	
	1A-6. 設計者對結構抗震性能認識不足之考量	0.1255	0.0214	3	15	
	B 結構分析 考量層面 (0.3086)	1B-1. 節點接合設計之考量	0.1319	0.0407	4	7
		1B-2. 結構系統勁性容量之考量	0.1732	0.0534	1	4
		1B-3. 組合結構體系之考量	0.1677	0.0518	2	5
		1B-4. 型鋼構材截面小之考量	0.1052	0.0325	5	8
1B-5. 構造簡化、結構穩定之考量		0.0725	0.0224	7	14	
1B-6. 型鋼換曲構材之考量		0.0662	0.0204	8	17	
1B-7. 軸心載重受壓構材之考量		0.0685	0.0211	6	16	
1B-8. 型鋼受拉構材之考量		0.0329	0.0102	9	26	
1B-9. 製作、安裝、品質之考量		0.0261	0.0081	10	32	
1B-10. 軸材尺寸之限制之考量		0.0239	0.0074	11	35	
C 型鋼生產 考量層面 (0.2373)	1C-1. 生產效率及品質之考量	0.1322	0.0408	3	6	
	1C-2. CAD/CAM 自動化一體之考量	0.6430	0.1526	1	1	
	1C-3. 可提升生產效率，減少出錯率之考量	0.2257	0.0536	2	3	
D 性能考量 層面 (0.0939)	1D-1. 在節能降耗性能方面之考量	0.0612	0.0145	4	21	
	1D-2. 在防腐蝕性能方面之考量	0.339	0.0318	1	10	
	1D-3. 構件截面小，有效空間大之考量	0.0959	0.0090	4	30	
	1D-4. 房間佈置靈活，好居住之考量	0.2915	0.0274	2	11	
	1D-5. 材料均勻，韌性性能良好之考量	0.0294	0.0028	5	43	
E 經濟考量 層面 (0.0396)	1E-1. 建造成本可接受之考量	0.2443	0.0229	3	13	
	1E-2. 結構抗震性能良好之考量	0.0742	0.0029	4	42	
	1E-3. 材料生產成本佳之考量	0.3545	0.0140	1	23	
	1E-4. 維護管理成本低之考量	0.3048	0.0121	2	25	
	1E-5. 使用年限久之考量	0.0661	0.0026	5	44	
F 環境考量 層面 (0.0361)	1F-1. 音環境之考量	0.2003	0.0079	3	33	
	1F-2. 防火安全之考量	0.0654	0.0024	8	45	
	1F-3. 廢棄物處理之考量	0.1694	0.0061	2	38	
	1F-4. 綠構建之考量	0.1648	0.0059	3	39	
	1F-5. 空氣環境之考量	0.0804	0.0029	5	42	
	1F-6. 營建中減廢之考量	0.0617	0.0022	9	46	
	1F-7. 光環境之考量	0.0896	0.0032	4	40	
	1F-8. 保溫節能之考量	0.077	0.0028	7	43	
G 組裝考量 層面 (0.1172)	1G-1. 構配件規格系列化、標準化之考量	0.0821	0.0030	6	41	
	1G-2. 施工安裝簡單快速化、工期縮短之考量	0.2097	0.0076	1	34	
	1G-3. 廠化與裝配、產業化高之考量	0.0654	0.0196	3	19	
	1G-4. 易施工管理、成品管制之考量	0.1694	0.0201	2	18	
	1G-5. 整體品質管制及工程驗收之考量	0.1648	0.0126	4	24	
	1G-6. 構件安裝及精度之考量	0.0804	0.0098	5	28	
	1G-7. 整體組裝，可全天候作業之考量	0.0617	0.0095	6	29	
	1G-8. 零件的生產、運輸、吊裝更加輕便之考量	0.0896	0.0083	7	31	
	1G-9. 製造與加工及組裝之考量	0.077	0.0074	8	35	
	1G-10. 如何實現冷軋型鋼結構的優化設計之考量	0.0821	0.0066	9	37	

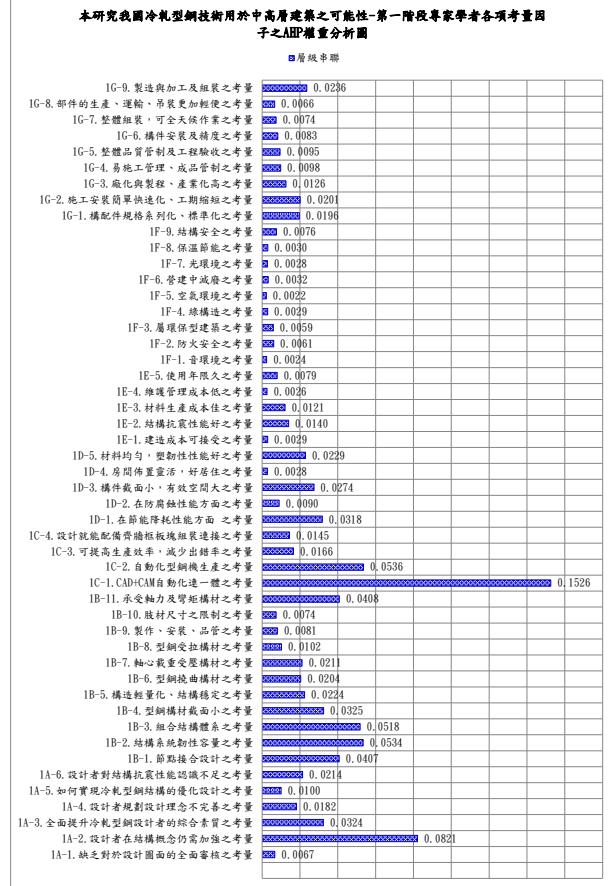


圖 4-1 第一階段 AHP 權重分析圖

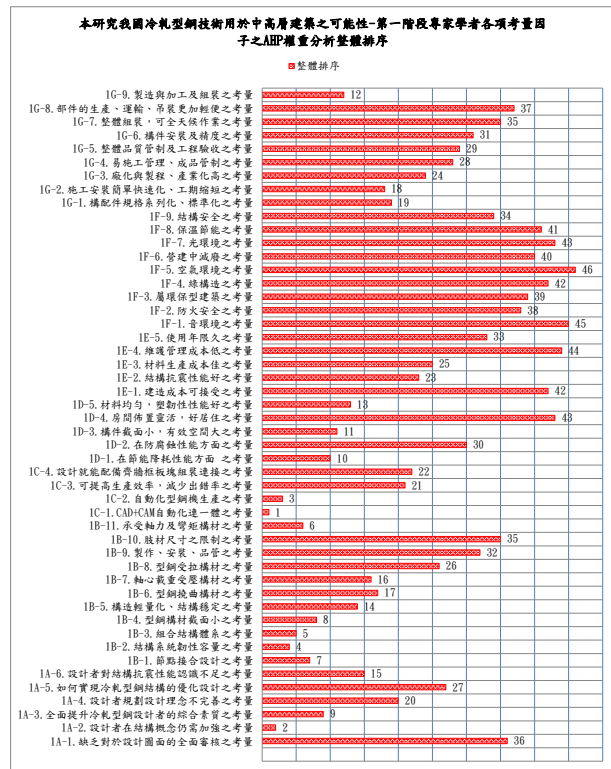


圖 4-2 第一階段 AHP 整體權重排序圖

11. 第一階段各專家學者問卷調查評估分析結果(表 4-3)，冷軋型鋼構協會、建築師、結構技師等三種專家認為冷軋型鋼用於中高層建築中優先順序(1)設計能力層面為第一要件;(2)結構分析層面為第二要件;(3)型鋼生產層面為第三要件。不過學術單位、建管人員、型鋼產業、興建廠商等四種專家他認為該工法朝向中高層化建築中優先順序(1)結構分析層面為第一要件;(2)型鋼生產層面為第二要件;(3)組裝層面為第三要件。從整體權重值可歸納各專家學者意見，大家認為冷軋型鋼中高層化在技術層面上頗為重要，從設計→結構→型鋼生產→組裝，從第一階段權重值大小分，再與第二階段專家問卷調查結果做比較。

表 4-3 第一階段各專家學者問卷調查評估分析結果

本研究冷軋型鋼技術用於中高層建築之可能性-第一階段專家學者各項層面之權重統計							
專家學者	設計能力層面	結構分析層面	型鋼生產層面	性能層面	經濟層面	環境層面	組裝層面
輕鋼構協會	0.3065	0.2684	0.2253	0.0652	0.0321	0.0245	0.0781
建築師	0.3252	0.2762	0.2131	0.0686	0.0333	0.0257	0.0579
結構技師	0.3245	0.2848	0.2140	0.0541	0.0284	0.0256	0.0686
學術單位	0.0301	0.3532	0.2543	0.1192	0.0470	0.0513	0.1449
建管人員	0.0292	0.3523	0.2377	0.1059	0.0495	0.0497	0.1757
型鋼產業	0.0253	0.3520	0.2378	0.1186	0.0474	0.0495	0.1694
興建廠商	0.0257	0.3567	0.2572	0.1092	0.0479	0.0499	0.1535

12. 經第一階段從 7 個層面 49 項因子專家學者評估後，其各權重分析值圖如下;篩選部份較低值，其層級串聯值>0.0090 以上為門檻，選取 5 個層面 29 項值在>0.0090 以上，作為第二階段評估因子。從評估值與排序中可觀察到，台灣發展冷軋型鋼結構技術層面「設計能力」、「結構設計」、「型鋼生產」、「組裝」大概為主項考量，其餘非技術層面較不相關(如 4-4 表)。

表 4-4 第二階段評估考量因子彙整表

本研究我國冷軋型鋼技術用於中高層建築之可能性-第一階段專家學者各項考量因子之AHP權重評估值篩選>0.091以上再進入第二階段評估				
考量層面	考量因子	層級串聯	各層面之排序	整體排序
A 設計能力 考量層面 (0.1708)	1A-2. 設計者在結構概念仍需加強之考量	0.0821	1	2
	1A-3. 全面提升冷軋型鋼設計者的綜合素質之考量	0.0324	2	9
	1A-4. 設計者規劃設計理念不完善之考量	0.0182	4	22
	1A-5. 如何實現冷軋型鋼結構的優化設計之考量	0.0100	5	27
	1A-6. 設計者對結構抗震性能認識不足之考量	0.0214	3	16
B 結構分析 考量層面 (0.3086)	1B-1. 節點接合設計之考量	0.0407	4	7
	1B-2. 結構系統韌性容量之考量	0.0534	1	4
	1B-3. 組合結構體系之考量	0.0518	2	5
	1B-4. 型鋼構材截面小之考量	0.0325	5	8
	1B-5. 構造輕量化、結構穩定之考量	0.0224	7	14
	1B-6. 型鋼彎曲構材之考量	0.0204	8	18
	1B-7. 軸心載重受壓構材之考量	0.0211	6	17
	1B-8. 型鋼受拉構材之考量	0.0102	9	26
C 型鋼生產 考量層面 (0.2373)	1C-1. 設計就配備齊備樑板塊組裝連接之考量	0.0408	3	6
	1C-1. CAD/CAM 自動化一體之考量	0.1526	1	1
	1C-2. 自動化型鋼機生產之考量	0.0536	2	3
	1C-3. 可提高生產效率，減少出錯率之考量	0.0166	3	15
D 性能考量 層面 (0.0939)	1D-4. 設計就配備齊備樑板塊組裝連接之考量	0.0145	4	21
	1D-1. 在節能降耗性能方面之考量	0.0318	1	10
	1D-3. 構件截面小，有效空間大之考量	0.0274	2	11
E 經濟考量 層面	1D-5. 材料均勻，塑性性能良好之考量	0.0229	3	13
	1E-2. 結構抗震性能良好之考量	0.0140	1	23
G 組裝考量 層面 (0.1172)	1E-3. 材料生產成本佳之考量	0.0121	2	25
	1G-1. 構配件規格系列化、標準化之考量	0.0196	3	20
	1G-2. 施工安裝簡單快速化、工期縮短之考量	0.0201	2	19
	1G-3. 廠化與製程、產業化高之考量	0.0126	4	24
	1G-4. 易施工管理、成品管制之考量	0.0098	5	28
	1G-5. 整體品質管制及工程驗收之考量	0.0095	6	29
	1G-9. 製造與加工及組裝之考量	0.0236	1	12

13. 從第一階段結果依層面與考量因子權重排序，提出探討說明

(1)設計能力考量層面

依據國外文獻回顧第2章節許多國家如美國、日本、英國、澳大利亞等，正積極地推動中高層冷軋型鋼結構建築的應用與發展。可見，中高層冷軋型鋼建築是目前國際冷軋型鋼領域的重要研究、應用與發展方向，台灣冷軋型鋼建築設計工作逐步實現了與世界先進理念的接軌與融合，冷軋型鋼結構的體系與模式也呈現出了多項發展的新形勢。對冷軋型鋼建築設計能力時應考慮，因此經第一階段之調查結果顯示，「設計者在冷軋型鋼結構概念仍需加強」之考量為評估值0.0821最高，其次「全面提升冷軋型鋼設計者的綜合素質」、「設計者對冷軋型鋼結構抗震性能認識不足」、「設計者規劃冷軋型鋼設計理念

不完善」、「如何實現冷軋型鋼結構的優化設計」之考量因子、其評定值均達規劃評定值 >0.0090 以上，因此設計能力層面全面納入第二階段，但是以冷軋型鋼中高層化整體設計能力考量層面而言，各項考量因子間之重要性關係確是息息相關的，因此「設計能力」層面無論是對相關專業設計者或型鋼製造生產及興建者以及使用者而言，於中高層化冷軋型鋼應用設計能力皆為必要之考量層面，納入第二階段問卷評估中，其餘剔除。

(2)結構分析考量層面

依據國外文獻回顧第2章節由於這種冷軋型鋼結構自重輕，抗震、保溫、隔熱性能好，建造速度快，獲得歐美各國得到廣泛利用。中高層冷軋型鋼結構是一種新型的建築結構，在建築行業正式應用中高層冷軋型鋼結構的時間也比較短，尚未完全掌握結構設計的重點與難點，結構工作中的弊端與問題也就逐漸暴露出來，台灣地理處於地震頻繁與有季節性颱風風災之環境，耐震與耐風性能必然為首要之考量，因此第一階段。對冷軋型鋼建築結構分析時應考慮，因此經第一階段之調查結果顯示，「結構系統韌性容量」之考量為評估值 0.0534 最高，其次「組合結構體系」、「承受軸力及彎矩構材」、「節點接合設計」、「型鋼構材截面小」、「構造輕量化、結構穩定」、「型鋼撓曲構材」、「型鋼受拉構材」之考量層面因子、其評定值均達規劃評定值 >0.0090 以上，因此結構分析層面因子納入第二階段，但是以冷軋型鋼中高層化整體結構分析能力考量層面而言，各項考量因子間之重要性關係確是息息相關的，因此「結構分析」層面無論是對相關專業設計者或型鋼製造生產及興建者以及使用者而言，於中高層化冷軋型鋼應用在結構分析皆為必要之考量層面，納入第二階段問卷評估中，其餘剔除。

(3)型鋼生產考量層面

依據國外文獻回顧第2章節由於冷軋型鋼

結構具有許多優點之一，可以實現住宅興建的工業化和產業化。冷軋型鋼結構在工廠製作，現場安裝，易於工廠規模生產和標準化、系列化，降低興建成本。利用先進的電腦輔助設計(CAD)和電腦輔助製造(CAM)技術，能及時、全面滿足用戶對住宅的設計要求，效率高，報價快，造價低，供貨迅速。因此經第一階段之調查結果顯示，「CAD+CAM自動化連一體」之考量為評估值 0.1526 最高也是整體因子最高評估值可見此項的重要性，其次「自動化型鋼機生產」、「可提高生產效率，減少出錯率」、「設計就能配備齊牆框板塊組裝連接」之考量層面因子、其評定值均達規劃評定值 >0.0090 以上，因此全部納入第二階段「型鋼生產」層面因子，無論是對相關專業設計者或型鋼製造生產及興建者以及使用者而言，於中高層化冷軋型鋼應用皆為必要之考量層面為重要，納入第二階段問卷評估中。

(4)性能考量層面

就性能考量層面而言，台灣位於北回歸線上屬於亞熱帶地理環境，對於RC建築物需要大量冷氣經常夏天用電量整體不足情況下，對建築物興建時應考慮，在節約能源降耗性能必然為首要之考量，冷軋型鋼建築採用層層包覆施工中間都有設置隔熱斷熱之材質設施，因此經第一階段之調查結果顯示，「節能降耗性能」之考量評估值為 0.0318 最高，其次「構件截面小，有效空間大」、「材料均勻，塑韌性性能好」之考量層面因子、其評定值均達規劃評定值 >0.0090 以上，以冷軋型鋼中高層化整體性能考量層面而言，各項考量因子間之重要性關係確是息息相關的，因此性能層面無論是對相關專業設計者或型鋼製造生產及興建者以及使用者而言，於中高層化冷軋型鋼應用皆為必要之考量層面，但乃於結構體節能降耗性能與構件截面小、有效空間大，材料均勻，塑韌性性能好等性能考量

較為重要納入第二階段問卷評估中，其餘剔除。

(5)經濟考量層面

依據分析結果顯示，經濟考量層面中「結構抗震性能好」之考量評估值為0.0140最高，其次「材料生產成本佳」之考量層面因子，其評定值均達規劃評定值>0.0090以上，這兩項因子有2位專家學者建議可納入在性能層面中因子，納入第二階段問卷評估中，其餘剔除。

(6)環境考量層面

依據分析結果顯示，環境考量層面中各項因子，其評定值均達規劃評定值<0.0090以下，這項層面有2位專家學者建議可免納入中，衡量層級分析法篩選，就未把此項層面納入第二階段問卷評估中，全部剔除。

(7)組裝考量層面

冷軋型鋼結構的大部分構件在工廠生產，運往現場透過螺絲螺栓進行整體組裝，可全天候作業。施工現場作業量小，減少了施工臨時用地，與傳統建築材料相比，對周圍環境污染小，提高了施工的機械化水平。由於冷軋型鋼結構本身可作為勁性結構承擔結構荷載和施工荷載，施工時可以節省支模、拆模的材料，由此降低成本，大大加快施工速度。資金價值在施工中充分體現，減少資金成本，對開發商的銷售和資金回收極為有利。因此經第一階段之調查結果顯示，「製造與加工及組裝」之考量評估值為0.0236最高，其次「構配件規格系列化、標準化」、「施工安裝簡單快速化、工期縮短」、「廠化與製程、產業化高」、「易施工管理、成品管制」、「整體品質管制及工程驗收」之考量層面因子，其評定值均達規劃評定值>0.0090以上，但是以冷軋型鋼中高層化整體組裝考量層面而言，各項考量因子間之重要性關係確是息息相關的，納入第二階段問卷評估中，其餘剔除。

以上「設計能力」、「結構分析」、「型鋼生產」、「性能」、「組裝」等5個考層面中29項考量因子間之重要性關係確是息息相關的，納入第二階段問卷評估中

4.3.2 第二階段成對比較矩陣之建立與信效度及一致性檢定

本研究第二階段各層面考量因子依據層級分析法之沿用第一階段步驟，依各受訪專家對各考量層面與因子之評估比較值，建立成對比較矩陣，以求第一階段得各受訪專家對各項考量層面與因子評定之權重值以及檢視受訪者評估結果之一致性，以篩選不合理之無效問卷與剔除層面層次來確保本研究調查之客觀性與合理性，其演算過程本研究則將公式3-1、3-2、3-3，運用AHP軟體之函數計算功能進行運算，其過程比照第一階段列表則如下列各節所述。

1. 建立「整體」各考量層面之成對比較矩陣與一致性檢定(以H-NT.1受訪者專家之評估值計算為例)

(1)依據問卷所得之評估比較值建立成對比較矩陣。

H-NT.1	設計能力層面	結構分析層面	型鋼生產層面	性能層面	組裝層面	幾何平均數	權重值	優先向量值W
設計能力層面	1	1	1	9	9	2.4082	0.3254	1.69
結構分析層面	1	1	1	7	7	2.1779	0.2943	1.52
型鋼生產層面	1	1	1	7	7	2.1779	0.2943	1.52
性能層面	1/9	1/7	1/7	1	7	0.4366	0.0590	0.37
組裝層面	1/9	1/7	1/7	1/7	1	0.2005	0.0271	0.16
	$\lambda=5.50$	C.I.=0.12	C.R.=0.09		總和	7.40	1	

(2)以幾何平均數之計算方式整合(H-NT.1)

受訪者對各考量層面之比較值(幾何平均數值)及其總和。例如;經濟層面之幾何平均數值= $\sqrt[5]{1 * 1 * 1 * 9 * 9}$ ，EXCEL函數=GEOMEAN(設計能力層面~組裝層面)。

H-NT.1	設計能力層面	結構分析層面	型鋼生產層面	性能層面	組裝層面	幾何平均數	權重值	優先向量值W
設計能力層面	1	1	1	9	9	2.4082	0.3254	1.69
結構分析層面	1	1	1	7	7	2.1779	0.2943	1.52
型鋼生產層面	1	1	1	7	7	2.1779	0.2943	1.52
性能層面	1/9	1/7	1/7	1	7	0.4366	0.0590	0.37
組裝層面	1/9	1/7	1/7	1/7	1	0.2005	0.0271	0.16
	$\lambda=5.50$	C.I.=0.12	C.R.=0.09		總和	7.40	1	

(3)將各層面整合值(幾何平均數)除以整合值之總和求取各考量層面之權重值，之總

和必為 1。例如：經濟層面之(權重

$$\text{值}) = \frac{2.4082}{7.40} = 0.3254$$

H-NT.1	設計能力層面	結構分析層面	型鋼生產層面	性能層面	組裝層面	幾何平均數	權重值	優先向量值W
設計能力層面	1	1	1	9	9	2.4082	0.3254	1.69
結構分析層面	1	1	1	7	7	2.1779	0.2943	1.52
型鋼生產層面	1	1	1	7	7	2.1779	0.2943	1.52
性能層面	1/9	1/7	1/7	1	7	0.4366	0.0590	0.37
組裝層面	1/9	1/7	1/7	1/7	1	0.2905	0.0271	0.16
	$\lambda=5.50$	C.I.=0.12	C.R.=0.09		總和	7.40	1	

(4)各考量層面織成對比較值分別乘以其權重值之總和，既為各考量層面之優先向量值(W)例如：經濟層面之
 $(W)=(1*0.3254)+(1*0.2943)+(1*0.2943)+(9*0.0590)+(9*0.0271)=1.69$

H-NT.1	設計能力層面	結構分析層面	型鋼生產層面	性能層面	組裝層面	幾何平均數	權重值	優先向量值W
設計能力層面	1	1	1	9	9	2.4082	0.3254	1.69
結構分析層面	1	1	1	7	7	2.1779	0.2943	1.52
型鋼生產層面	1	1	1	7	7	2.1779	0.2943	1.52
性能層面	1/9	1/7	1/7	1	7	0.4366	0.0590	0.37
組裝層面	1/9	1/7	1/7	1/7	1	0.2905	0.0271	0.16
	$\lambda=5.50$	C.I.=0.12	C.R.=0.09		總和	7.40	1	

(5)各考量層面之「優先向量值(W)」除以「權重值」之總和再除以其評估項目數，既可求得特徵值(λ)，再依公式(3-2)、(3-3)及兩兩比對矩陣求出 C. I. 值與 C. R. 值。

例如：① $\lambda = [(1.69 \div 0.3254) + (1.52 \div 0.2943) + (1.52 \div 0.2943) + (0.37 \div 0.0590) + (0.16 \div 0.0271)] \div 5 = 5.50$;

② C. I. = $(5.50 - 1) \div (5 - 1) = 0.12$;

③ C.R. = $(0.12 \div 1.12) = 0.09$ (符合一致性檢定)。

H-NT.1	設計能力層面	結構分析層面	型鋼生產層面	性能層面
設計能力層面	1	1	1	9
結構分析層面	1	1	1	7
型鋼生產層面	1	1	1	7
性能層面	1/9	1/7	1/7	1
組裝層面	1/9	1/7	1/7	1/7
	$\lambda=5.50$	C. I. =0.12	C. R. =0.09	

其結果共有 31 份符合一致性檢定 < 0.2，有 1

份不符合一致性檢定 > 0.2。(此 2 份剔除)，同理，H-NT.1~H-NT.30 之「整體」各考量層面成對比較矩陣與一致性檢定運算皆比照步驟(1)~(5)計算結果取 30 份。

2. 建立「設計能力」層面各考量因子之成對比較矩陣與一致性檢定(以 H-NT.1 受訪者專家之評估值計算為例) 其結果有 30 份符合一致性檢定 < 0.2，有 2 份不符合一致性檢定 > 0.2。(此 2 份剔除)，同理，H-NT.1~H-NT.30 之「設計能力」層面各考量因子成對比較矩陣與一致性檢定運算皆比照步驟(1)~(5)計算結果取 30 份如附表。

H-NT.1	結構概念與加強	提升冷軋型鋼設計	設計理念不完善	冷軋型鋼的優化設計	比較性能不熟識	幾何平均數	權重值	優先向量值W
結構概念與加強	1	1/7	1/7	1/3	1/3	0.2959	0.0428	0.22
提升冷軋型鋼設計	7	1	1	3	3	2.2902	0.3369	1.70
設計理念不完善	7	1	1	5	5	2.8094	0.4058	2.14
冷軋型鋼的優化設計	3	1/3	1/5	1	5	1.0000	0.1445	0.84
比較性能不熟識	3	1/3	1/5	1/5	1	0.5253	0.0759	0.42
	$\lambda=5.40$	C. I. =0.10	C. R. =0.08		總和	6.92	1	

3. 建立「結構分析」層面各考量因子之成對比較矩陣與一致性檢定(以 H-NT.1 受訪者專家之評估值計算為例) 其結果有 30 份符合一致性檢定 < 0.2，有 2 份不符合一致性檢定 > 0.2。(此 2 份剔除)，同理，H-NT.1~H-NT.30 之「結構分析」層面各考量因子成對比較矩陣與一致性檢定運算皆比照步驟(1)~(5)計算結果取 30 份如附表。

H-NT.1	節點綜合設計	系統與材料	綜合結構體系	型鋼材料與設計	數量化格式	型鋼結構設計	型鋼設計	型鋼設計	型鋼設計	幾何平均數	權重值	優先向量值W
節點綜合設計	1	1/3	1/6	1	5	2	1	5	1	1.1202	0.1055	1.06
系統與材料	3	1	1	3	3	3	1	4	2	2.6530	0.1935	1.87
綜合結構體系	6	1	1	1	5	5	1	5	3	2.3576	0.2222	2.29
型鋼材料與設計	1	1/3	1	1	1	4	1	3	3	1.3180	0.1242	1.22
數量化格式	1/5	1/3	1/5	1	1	1	1/5	2	1/3	0.4948	0.0465	0.48
型鋼結構設計	1/2	1/3	1/5	1/4	1	1	2	4	1	0.7402	0.0698	0.70
型鋼設計	1	1	1	1	5	1/2	1	3	1	1.2509	0.1179	1.21
型鋼設計	1/5	1/4	1/5	1/3	1/2	1/4	1/3	1	1/4	0.3195	0.0301	0.29
型鋼設計	1	1/2	1/3	1/3	3	1	1	4	1	0.9559	0.0901	0.86
	$\lambda=12.81$	C. I. =0.18	C. R. =0.15		總和	10.61	1					

4. 建立「型鋼生產」層面各考量因子之成對比較矩陣與一致性檢定(以 H-NT.1 受訪者專家之評估值計算為例) 其結果有 31 份符合一致性檢定 < 0.2，有 1 份不符合一致性檢定 > 0.2。(此 2 份剔除)，同理，H-NT.1~H-NT.30 之「型鋼生產」層面各考量因子成對比較矩陣與一致性檢定運算皆比照步驟(1)~(5)計算結果取 30 份如附表。

H-NO.1	CAD/CAM一體化	自動型鋼機生產	高生產少出錯	鑄板板塊組裝	幾何平均數	權重值	優先向量值
CAD/CAM一體化	1	5	5	7	3.6371	0.6052	2.69
自動型鋼機生產	1/5	1	5	5	1.4953	0.2488	1.10
高生產少出錯	1/5	1/5	1	2	0.5318	0.0885	0.37
鑄板板塊組裝	1/7	1/5	1/2	1	0.3457	0.0575	0.24
	$\lambda=4.31$	C.I.=0.10	C.R.=0.11	總和	6.01	1	

5. 建立「性能」層面各考量因子之成對比較矩陣與一致性檢定(以 H-NT.1 受訪者專家之評估值計算為例) 其結果有 30 份符合一致性檢定 <0.2 ，有 2 份不符合一致性檢定 >0.2 。(此 2 份剔除)，同理，H-NT.1~H-NT.30 之「性能」層面各考量因子成對比較矩陣與一致性檢定運算皆比照步驟(1)~(5)計算結果取 30 份如附表。

H-NT.1	鑄板板塊組裝	結構抗震性能	斷面小、空間大	材料生產成本佳	材料、型鋼性好	幾何平均數	權重值	優先向量值
鑄板板塊組裝	1	7	2	8	1	2.5695	0.3744	1.89
結構抗震性能	1/7	1	1/4	8	1/2	0.6776	0.0987	0.57
斷面小、空間大	1/2	4	1	6	1/2	1.4310	0.2085	1.10
材料生產成本佳	1/8	1/8	1/8	1	1/9	0.1851	0.0270	0.14
材料、型鋼性好	1	2	2	8	1	2.0900	0.2914	1.50
	$\lambda=5.44$	C.I.=0.11	C.R.=0.10	總和	6.86	1		

6. 建立「組裝」層面各考量因子之成對比較矩陣與一致性檢定(以 H-NT.1 受訪者專家之評估值計算為例) 其結果有 32 份符合一致性檢定 <0.2 ，有 0 份不符合一致性檢定 >0.2 。(此 2 份剔除)，同理，H-NT.1~H-NT.30 之「組裝」層面各考量因子成對比較矩陣與一致性檢定運算皆比照步驟(1)~(5)計算結果取 30 份如附表。

H-NT.1	鑄板板塊組裝	加工安裝與運送	幾何與型、產量	其他加工管理、成本	管理品質控制及工廠組裝之考量	製造加工及組裝之考量	幾何平均數	權重值	優先向量值
鑄板板塊組裝	1	1	7	9	2	1	2.2980	0.3145	2.19
加工安裝與運送	1	1	1	3	3	1	1.4422	0.2026	1.29
幾何與型、產量	1/7	1	1	1	2	1/9	0.6758	0.0949	0.65
其他加工管理、成本	1/9	1/3	1	1	1	1/9	0.4897	0.0675	0.42
管理品質控制及工廠組裝之考量	1/2	1/3	1/2	1	1	1/9	0.5583	0.0773	0.50
製造加工及組裝之考量	1	1	3	3	3	1	1.7921	0.2433	1.48
	$\lambda=6.49$	C.I.=0.10	C.R.=0.07	總和	7.12	1			

7. 第一階段回收有效問卷 AHP/問卷/對比矩陣一致性檢定，其結果屬於符合一致性檢定 C.I. <0.2 以下，如表(分別 31 份、30 份、30 份、31 份、30 份、32 份)為了整體權重評估值演算方便性，以最低公約數 30 份為準(詳如表 3-12)，選取各各之平均值，進行下步驟演算。

8. 由採用 L. J. Cronbach 公式(3-5)演算驗證結果信效度值 $\alpha > 0.7$ ，代表在第二階段專家學者問卷六道層面題目測試結果信度是衡量沒有誤差的程度，也是測驗結果的一致性具高可信度(表 4-5)檢驗結果。

表 4-5 第二階段問卷調查信效度 α 值檢驗結

果

本研究冷軋型鋼技術用於中高層建築之可能性-第二屆段專家學者問卷調查[信效度] α 值篩選 >0.7 以上為有效信度

項次	問卷調查項目	信效度 α 值	>0.7 有效信度
1	整體層面	0.797	>0.7 有效信度
2	A設計能力考量層面	0.822	>0.7 有效信度
3	B結構分析考量層面	0.774	>0.7 有效信度
4	C型鋼生產考量層面	0.787	>0.7 有效信度
5	D性能考量層面	0.798	>0.7 有效信度
6	G組裝考量層面	0.831	>0.7 有效信度

9. 根據 30 份一致性檢定，選取各各之平均值，進行層級串聯權重評估值演算及各層面之排序與整體排序，篩選權重值，較低值剔除，並分析探討有哪些層面與考量因子，再進入第二階段 AHP 評選。其第一階段專家學者層面各考量因子之 AHP 權重分析演算表結果如(演算表 4-6)、(權重分析圖 4-3)、(整體排序圖 4-4)

表 4-6 第二階段 AHP 權重分析演算表

本研究我國冷軋型鋼技術用於中高層建築之可能性-第二屆段專家學者各項考量因子之AHP權重分析演算表					
考量層面	考量因子	AVG	層級串聯	各層面之排序	整體排序
A 設計能力 考量層面 (0.1987)	2A-1. 設計者在結構概念仍需加強之考量	0.1706	0.0339	2	11
	2A-2. 全面提升冷軋型鋼設計者的綜合素質之考量	0.4735	0.0941	1	2
	2A-3. 設計者規劃設計理念不完善之考量	0.2108	0.0419	3	8
	2A-4. 如何實現冷軋型鋼結構的優化設計之考量	0.0906	0.0180	4	18
	2A-5. 設計者對結構抗震性能認識不足之考量	0.0545	0.0108	5	22
B 結構分析 考量層面 (0.3792)	2B-1. 節點接合設計之考量	0.2152	0.0816	1	3
	2B-2. 結構系統韌性容量之考量	0.1810	0.0686	2	4
	2B-3. 組合結構體系之考量	0.1659	0.0629	3	5
	2B-4. 型鋼構材斷面小之考量	0.1048	0.0397	5	9
	2B-5. 構造量性化、結構穩定之考量	0.0689	0.0261	7	12
	2B-6. 型鋼彎曲構材之考量	0.0570	0.0216	8	15
	2B-7. 軸心載重受壓構材之考量	0.0611	0.0232	6	13
	2B-8. 型鋼受拉構材之考量	0.0297	0.0113	9	20
C 型鋼生產 考量層面 (0.2811)	2C-1. CAD/CAM 自動化一體之考量	0.1166	0.0442	4	7
	2C-2. 自動型鋼機生產之考量	0.6571	0.1847	1	1
	2C-3. 可提高生產效率，減少出錯率之考量	0.2181	0.0613	2	6
	2C-4. 設計就能配備鑄板板塊組裝連接之考量	0.0700	0.0197	3	16
D 性能考量 層面 (0.0883)	2D-1. 在節能降耗性能方面之考量	0.0558	0.0157	4	19
	2D-2. 結構抗震性能良好之考量	0.4135	0.0365	1	10
	2D-3. 構件斷面小，有效空間大之考量	0.0970	0.0086	4	25
	2D-4. 材料生產成本佳之考量	0.2495	0.0220	2	14
	2D-5. 材料均勻，型鋼性能良好之考量	0.0286	0.0025	5	29
G 組裝考量 層面 (0.0439)	2G-1. 構配件規格系列化、標準化之考量	0.2115	0.0187	3	17
	2G-2. 施工安裝簡單快速化、工期縮短之考量	0.2542	0.0112	1	21
	2G-3. 廠化與製程、產業化高之考量	0.2265	0.0099	3	24
	2G-4. 另施工管理、成品管制之考量	0.1094	0.0048	4	26
	2G-5. 整體品質管制及工程驗收之考量	0.0716	0.0031	6	28
	2G-6. 製造與加工及組裝之考量	0.0984	0.0043	5	27
		0.2442	0.0107	2	23

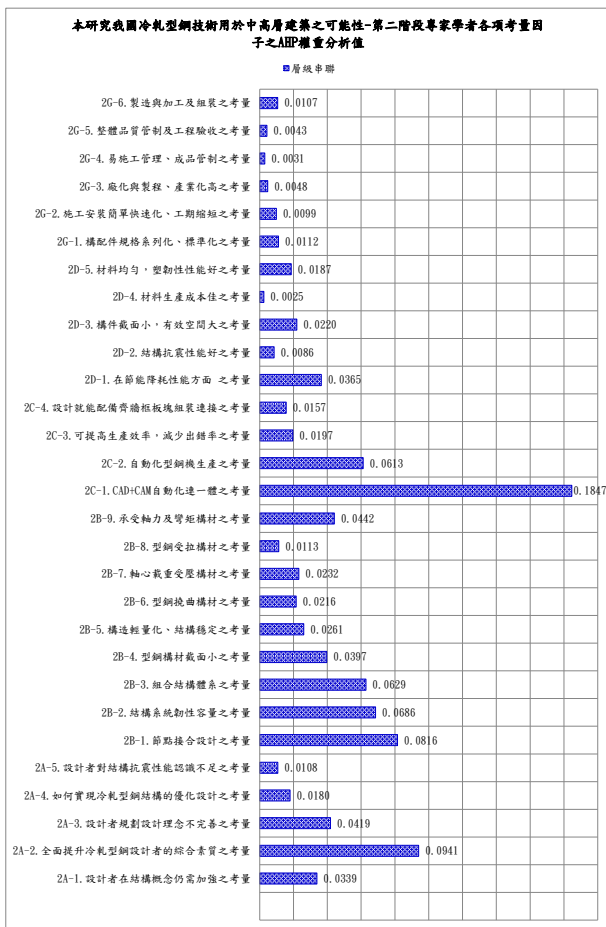


圖 4-3 第二階段 AHP 權重分析圖

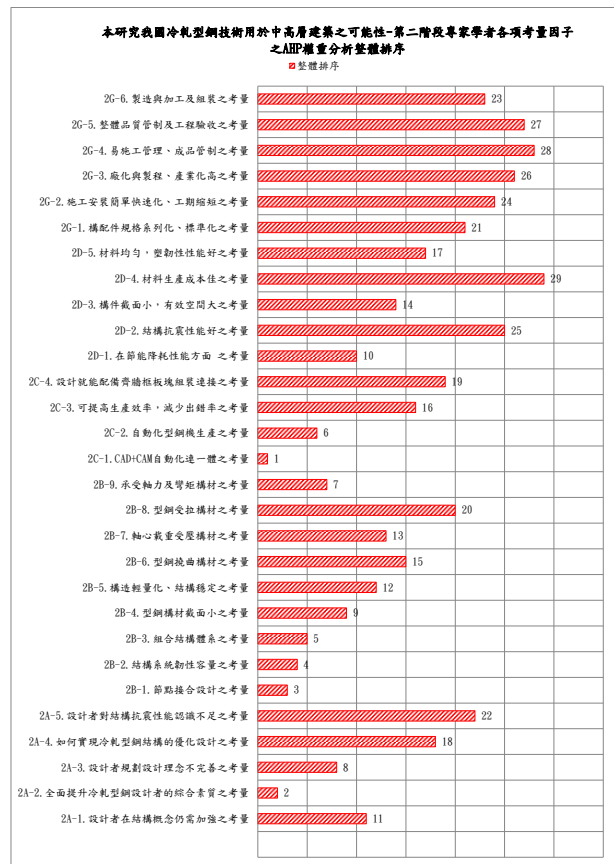


圖 4-4 第二階段 AHP 整體權重排序圖

9. 第二階段各各專家學者問卷調查評估分析結果(如 4-7 表)，冷軋型鋼協會、建築師等二種專家認為冷軋型鋼用於中高層建築中優先順序(1)設計能力層面為第一要件;(2)結構分析層面為第二要件;(3)型鋼生產層面為第三要件。不過結構技師、學術單位、型鋼產業等三種專家他認為該工法朝向中高層化建築中優先順序(1)結構分析層面為第一要件;(2)型鋼生產層面為第二要件;(3)性能層面為第三要件。從整體權重值可歸納各專家學者意見，大家認為冷軋型鋼中高層化在技術層面上頗為重要，從設計→結構→型鋼生產→性能(材料性能)，與第一階段比較差異在於材料性能與組裝這兩項，從兩階段專家學者問卷結果與本研究期初規劃架構及各考量層面及各項因子滿吻合，在國內發展冷軋型鋼技術用於中高層化建築中，在於主要技術癥結層面。

表 4-7 第二階段各專家學者問卷調查評估分析結果

本研究冷軋型鋼技術用於中高層建築之可能性-第二階段專家學者各項層面之權重統計					
專家學者	設計能力層面	結構分析層面	型鋼生產層面	性能層面	組裝層面
冷軋型鋼構協會	0.3623	0.2949	0.2504	0.0614	0.0310
建築師	0.3747	0.3087	0.2331	0.0526	0.0309
結構技師	0.0383	0.4925	0.3012	0.1139	0.0541
學術單位	0.0328	0.5059	0.2816	0.1231	0.0567
型鋼產業	0.0383	0.4362	0.3192	0.1164	0.0589

10. 從第二階段結果依層面與考量因子權重排序(表4-8)，提出探討說明

表4-8第二階段權重排序表

本研究我國冷軋型鋼技術用於中高層建築之可能性-第二階段專家學者各項考量因子之AHP權重分析演算表		
考量因子	層級串聯	整體排序
2C-1. CAD+CAM自動化連一體之考量	0.1847	1
2A-2. 全面提升冷軋型鋼設計者的綜合素質之考量	0.0941	2
2B-1. 節點接合設計之考量	0.0816	3
2B-2. 結構系統韌性容量之考量	0.0686	4
2B-3. 組合結構體系之考量	0.0629	5
2C-2. 自動化型鋼機生產之考量	0.0613	6
2B-9. 承受軸力及彎矩構材之考量	0.0442	7
2A-3. 設計者規劃設計理念不完善之考量	0.0419	8
2B-4. 型鋼構材截面小之考量	0.0397	9
2D-1. 在節能降耗性能方面之考量	0.0365	10
2A-1. 設計者在結構概念仍需加強之考量	0.0339	11
2B-5. 構造輕量化、結構穩定之考量	0.0261	12
2B-7. 軸心載重受壓構材之考量	0.0232	13
2D-3. 構件截面小，有效空間大之考量	0.0220	14
2B-6. 型鋼彎曲構材之考量	0.0216	15
2C-3. 可提高生產效率，減少出錯率之考量	0.0197	16
2D-5. 材料均勻，塑性性能好之考量	0.0187	17
2A-4. 如何實現冷軋型鋼結構的優化設計之考量	0.0180	18
2C-4. 設計就能配備齊牆板塊組裝連接之考量	0.0157	19
2B-8. 型鋼受拉構材之考量	0.0113	20
2G-1. 構配件規格系列化、標準化之考量	0.0112	21
2A-5. 設計者對結構抗震性能認識不足之考量	0.0108	22
2G-6. 製造與加工及組裝之考量	0.0107	23
2G-2. 施工安裝簡單快速化、工期縮短之考量	0.0099	24
2D-2. 結構抗震性能好之考量	0.0086	25
2G-3. 廠化與製程、產業化高之考量	0.0048	26
2G-5. 整體品質管制及工程驗收之考量	0.0043	27
2G-4. 易施工管理、成品管制之考量	0.0031	28
2D-4. 材料生產成本佳之考量	0.0025	29

11. 從以上整體排序來衡量冷軋型鋼中高層化，其實這 29 項考量因子應該必備技術要件，從規劃設計與結構設計至生產加工組裝到完工具備該 29 項因子能力。又從第一與第二階段各項考量因子權重整體排序比較，得知結構分析與設計能力及型鋼生產

等三項層面之考量各因子之排序上趨勢屬於較前端者，因此，這三項層面對冷軋型鋼技術用於中高層建築之設計能力、結構分析、生產技術等三層面比第一階段往上趨勢，顯然這三項層面佔很重要性(表 4-9)。

表4-9第一與第二階段專家學者各項考量因子之整體比較排序

研究我國冷軋型鋼技術用於中高層建築之可能性-(第一與第二階段)專家學者各項考量因子之權重整體排序比較					
考量因子	第一階段層級串聯	第一階段整體排序	比較	第二階段層級串聯	第二階段整體排序
1C-1. CAD+CAM自動化連一體之考量	0.1526	1	=	0.1847	1
1A-2. 設計者在結構概念仍需加強之考量	0.0821	2	↓	0.0339	11
1C-2. 自動化型鋼機生產之考量	0.0536	3	↓	0.0613	6
1B-2. 結構系統韌性容量之考量	0.0534	4	=	0.0686	4
1B-3. 組合結構體系之考量	0.0518	5	=	0.0629	5
1B-11. 承受軸力及彎矩構材之考量	0.0408	6	↓	0.0442	7
1B-1. 節點接合設計之考量	0.0407	7	↑	0.0816	3
1B-4. 型鋼構材截面小之考量	0.0325	8	↓	0.0397	9
1A-3. 全面提升冷軋型鋼設計者的綜合素質之考量	0.0324	9	↑	0.0941	2
1D-1. 在節能降耗性能方面之考量	0.0318	10	=	0.0365	10
1D-3. 構件截面小，有效空間大之考量	0.0274	11	↓	0.0220	14
1G-9. 製造與加工及組裝之考量	0.0236	12	↓	0.0107	23
1D-5. 材料均勻，塑性性能好之考量	0.0229	13	↓	0.0187	17
1B-5. 構造輕量化、結構穩定之考量	0.0224	14	↑	0.0261	12
1A-6. 設計者對結構抗震性能認識不足之考量	0.0214	15	↓	0.0108	22
1B-7. 軸心載重受壓構材之考量	0.0211	16	↑	0.0232	13
1B-6. 型鋼彎曲構材之考量	0.0204	17	↑	0.0216	15
1G-2. 施工安裝簡單快速化、工期縮短之考量	0.0201	18	↓	0.0099	24
1G-1. 構配件規格系列化、標準化之考量	0.0196	19	↓	0.0112	21
1A-4. 設計者規劃設計理念不完善之考量	0.0182	20	↑	0.0419	8
1C-3. 可提高生產效率，減少出錯率之考量	0.0166	21	↑	0.0197	16
1C-4. 設計就能配備齊牆板塊組裝連接之考量	0.0145	22	↑	0.0157	19
1E-2. 結構抗震性能好之考量	0.0140	23	↓	0.0086	25
1G-3. 廠化與製程、產業化高之考量	0.0126	24	↓	0.0048	26
1E-3. 材料生產成本佳之考量	0.0121	25	↓	0.0025	29
1B-8. 型鋼受拉構材之考量	0.0102	26	↑	0.0113	20
1A-5. 如何實現冷軋型鋼結構的優化設計之考量	0.0100	27	↑	0.0180	18
1G-4. 易施工管理、成品管制之考量	0.0098	28	=	0.0031	28
1G-5. 整體品質管制及工程驗收之考量	0.0095	29	↑	0.0043	27

4.4 可能性影響因子分析

1. 本研究規劃時冷軋型鋼朝中高層化需考量因子必備要件因素與專家學者問卷調查，依層級分析法評估分析檢驗演算之分析權重值衡量顯著比較重要性(表 4-10)如下說明符號意義。

表 4-10 各項因子權重值與重要性

考量層面各項因子求解權重值					
0.1847-0.0613	0.0442-0.0339	0.0261-0.0180	0.0157-0.0107	0.0099-0.0086	0.0048-0.0025
A+	A	A-	B+	B	B-
絕對重要	極重要	頗重要	稍重要	同等重要	次為重要

2. 經分析後按照整體排序與本研究當初規劃 冷軋型鋼技術用於中高層建築之可能性影響層面之必備要件因素各項因子與結果權重高低值及(表 4-4)(表 4-6)比較,其探討重要性是相當一致性。

層級 串聯	整體 排序	考量因子	研究當初考量中高層化必備要件因素	分析結果
0.1847	1	2C-1. CAD+CAM 自動化一體之考量	(1). 冷軋型鋼結構住宅有許多優點之一:可以實現住宅興建的工業化和產業化。冷軋型鋼結構在工廠製作,現場安裝,易於工廠規模生產和標準化、系列化,降低興建成本。利用先進的電腦輔助設計(CAD)和電腦輔助製造(CAM)技術,能及時、全面滿足用戶對住宅的設計要求,效率高,報價快,造價低,供貨迅速。 (2). 設計製造週期短,設計生產一體化現代結構設計借助於電腦和專業化結構分析軟體,使得設計週期大大縮短,設計中的修改和調整非常方便。同時,由於鋼結構具有工廠預製、現場安裝的特點,可以將前期設計和現實的生產手段相結合,通過網路電腦和數控機成機械結合,使設計人員在工作室中完成設計後,即由工廠的生產線完成產品製作,具有極高的效率和精確度,可以大大減少興建週期。	A+

層級 串聯	整體 排序	考量因子	研究當初考量中高層化必備要件因素	分析結果
0.0941	2	2A-2. 全面提升冷軋型鋼設計者的綜合素質之考量	我國冷軋型鋼結構設計工作雖然起步較晚,但是在多年來冷軋型鋼結構設計工作者,有一些設計單位和人員已長期的投入工作中,也可傳承進步積累了豐富的經驗和寶貴的教訓。全面提升冷軋型鋼設計者與結構人員的綜合素質,目前工程界普遍缺乏冷軋型鋼系統的專業知識與先進的設計理念,應逐步加強對於設計與結構人員的在職培訓與知識的強化,逐步培養更多符合冷軋型鋼設計的高素質,進而實現冷軋型鋼結構優化設計,以滿足冷軋型鋼建築行業創新發展的時代需求。	A+

層級 串聯	整體 排序	考量因子	研究當初考量中高層化必備要件因素	分析結果
0.0816	3	2B-1. 節點接合設計之考量	構造第五百二十三條:冷軋型鋼結構之設計,應符合左列規定:第二項整體結構及每一構材、接合部(接合設計),均應檢核其使用性,及設計冷軋型鋼結構構材之斷面或其接合。應使其應力不超過設計規範規定之容許應力,或使其設計強度大於或等於由因數載重組合計算得之需要強度。第五百二十五條:冷軋型鋼結構施工,由購料、加工、接合至安裝完成,均應詳細查驗證明其品質及安全。第五百二十六條:冷軋型鋼結構之耐震設計,應依本編第一章第五節耐震設計規定;其構材及接合之設計,應依設計規範規定。第五百二十八條:冷軋型鋼結構使用之鋼材,得依設計需要,採用合適之材料,且應確實把握產品來源。不同類鋼材未特別規定者,得依強度及接合需要相互配合應用。 (2). 冷軋型鋼構材的厚度較薄,一般應用於熱軋型鋼構材接合的焊接方式亦難以施於冷軋型鋼構材接合,也因此,接合物(接合鐵件)的配合與應用乃冷軋型鋼構材接合的必要條件。 (3). 冷軋型鋼構材工程一般規定標準在架樑接合,可分為①. 材料、構材、接合物;②. 樓面板雙構體:包括樓面板之構成、托樑與圍封板樑接合方法、托樑與端部托樑接合方法、樓面板與托樑接合方法、基礎與托樑接合、樓面板開口規定與地作法、樓面板與圍封板樑接合方法、樓面板細縫、突出部分的樓面板、樓板托樑之尺寸選定等等樓面板雙構體;③. 屋頂桁架雙構體:桁架式屋架各節點接合方法、屋架與圍封板樑接合及開口樑強等各部位接合。	A+

層級 串聯	整體 排序	考量因子	研究當初考量中高層化必備要件因素	分析結果
0.0686	4	2B-2. 結構系統韌性容量之考量	(1). 建築物設計高度與1. 構造種類及系統息息相關(結構系統韌性容量R; 起始降伏地震力放大倍數 α ; 建築物用途係數)1(第一類建築物 $\alpha=1.5$; 第二類建築物 $\alpha=1.5$; 第三類建築物 $\alpha=1.25$; 第四類建築物 $\alpha=1.0$)。 (2). 與容許韌性容量(容許韌性容量 R_a 、結構系統地震力折減係數 β)有關。 (3). 冷軋型鋼結構雖有重量輕及強度大之優點,缺乏對冷軋型鋼結構韌性設計之研究。由於「建築物耐震設計規範」考慮到建築物之韌性容量而將設計地震力降低,在「韌性設計之必要性」規定建築物之耐震設計不論何種結構系統均必須考慮韌性設計,滿足耐震設計所需之韌性需求,以保地震時仍有承受垂直重量之能力,即使設計為不承受地震橫力之構架或構件,仍須容許地震來臨時可能產生之大變形,損壞後可以修復。同時須考慮結構構件及非結構構件之互作用及非結構構件破壞時之後果,以及樓板及屋面板須具有傳遞地震橫力至構架或剪力牆之能力。	A+

層級 串聯	整體 排序	考量因子	研究當初考量中高層化必備要件因素	分析結果
0.0629	5	2B-3. 組合結構體系之考量	(1). 建築層數越多,高度越高,則由於風力或地震力引起的側向力越大。建築物必須有相應的剛度來抵抗側向力。因此,組合結構體系也就需要不斷的發展。在中高層冷軋型鋼結構建築的設計中結構體系之選擇,主要組合結構體系主要包括:純冷軋型鋼體系、純鋼筋體系、框-支支撐體系、鋼筋-混凝土剪力牆體系、框-核心筒體系、周圍抗側力體系等。由於框-支支撐體系可提供較大空間,門窗設置靈活、受風雨濺形成縱橫框架,並且框-支支撐體系共同抵抗水平荷載作用,因而,在中高層冷軋型鋼結構中得到廣泛應用。 (2). 中高層冷軋型鋼結構的應用還處在尚未起步階段,相關技術設計規範、施工規範還在未完善修正中,在設計、構造和施工等方面仍存在著有待解決的問題,如中高層冷軋型鋼結構承重組合結構體系、施工和安裝技術、新型維護結構體系、承重與維護結構的連接方法和相互作用等方面的設計問題都在研究之中,其中在設計構件節點和組合樓板方面的出現的問題較普遍。	A+

層級 串聯	整體 排序	考量因子	研究當初考量中高層化必備要件因素	分析結果
0.0613	6	2C-2. 自動化型鋼機生產之考量	(1). 冷軋型鋼構材乃由碳鋼或低合金鋼板或鋼片在空溫下經由軋軋或滾壓製造而成。冷軋型鋼構材可應用的範圍相當廣泛,其使用於建築方面亦相當的普及。鋼材經冷軋滾輪成自動生產設備,設計與施工軟體、可生產優質的建築產品。高效的生產率及快速的施工方法極大的提高了生產效益,確保工程按時完工。(與傳統房屋建造相比,冷軋型鋼結構房屋的建造可節省1/3到1/2的時間)建築(從生產、組裝、運輸、安裝、及完工等方面)成本的降低同提高項目的收益性。冷軋型鋼結構解決方案自動化型鋼機生產,簡單易用、勞動成本低,極大地提高了企業效益顯多,更優越的競爭優勢。 (2). 冷軋冷軋鋼樓板平行桁架及屋頂桁架既可供現場製作也適合於工廠大規模集成自動化型鋼機生產,跨度較大的情況下,採用冷軋冷軋鋼桁架更為經濟。大跨度桁架結構適合於現代開放起居空間潮流,從而拓展新的市場,更合適的建築方法(如現場建造、模組化建造、預製建造或運輸建造),優化資源利用,確保工程品質。	A+

層級 串聯	整體 排序	考量因子	研究當初考量中高層化必備要件因素	分析結果
0.0442	7	2B-9. 承受軸力及彎矩構材之考量	(1). 中高層冷軋型鋼結構建築的設計支撐體系為加強中高層建築鋼結構的側向剛度,抵抗水平風荷載和地震作用,通常用槽鋼或角鋼在牆體平面內佈置垂直支撐體系。根據要求可以沿縱、橫單向佈置或向兩佈。支撐與框梁鉸接,按拉撐或壓撐設計,考慮到門窗的佈置,可以採用X型、單斜撐型、人字型、倒人字型、W型、倒W型、門式等形式,為在強震作用下具有良好的吸能耗能性能,則採用偏心支撐。在不影響建築功能的前提下,在平面上支撐應均勻佈置。對後五種支撐應驗算梁上支撐軸力引起的附加彎矩。偏心支撐的優點是在較小或中等的水平荷載作用下有足夠的剛度,而在嚴重超載(如大地震)時具有較好的延性,是一種較好的抗剪支撐。 (2). 框梁支撐體系,對於加大風載或地震作用的區域,為了使體系的抗側剛度得到提升,對軸支撐或偏心支撐設計的效果較好,該體系屬於多量抗側體系,而且可以將框柱節點及柱腳節點設計成半剛接,鉸接形式,存在簡單的施工構造,基礎對軸力進行承受,存在較小的擾度,因此較人們所廣泛接受。 (3). 冷軋型鋼構材之設計之規定,第五百三十六條:設計受扭矩及組合力共同作用的構材時,應考慮軸力與彎矩共同作用時引致之二次效應,並檢核在各種組合載重作用下之安全性。	A

層級 串聯	整體 排序	考量因子	研究當初考量中高層化必備要件因素	分析結果
0.0419	8	2A-3. 設計者規劃設計理念不完善之考量	當初在冷軋型鋼建築行業發展歷程中,冷軋型鋼結構設計普遍採用容許應力的理念,後來又逐漸出現了破壞階段計算的理念方法。美國建築學家首先提出了極限強度的設計理念,並且取得了較理想的實際效果,進而在全世界範圍內得到了廣泛的推廣與應用。目前,中高層冷軋型鋼結構設計中,普遍採用了以極限強度設計理念為基礎的設計模式。近年來,國內冷軋型鋼結構建築結構設計規範與解說也修正中把直接強度法納入,極限強度設計理念逐步實現更完善、更科學化的發展。	A

層級 串聯	整體 排序	考量因子	研究當初考量中高層化必備要件因素	分析結果
0.0397	9	2B-4. 型鋼構材截面小之考量	(1). 冷軋型鋼結構自重輕、基礎造價低,增加建築使用面積,型鋼結構建築構件的截面積在所有建築類型中最小,在滿足相同承載能力的前提下,重量最輕,且採用輕質功能建築材料,整體重量為RC結構建築的1/5-1/6。建築基礎要求較傳統建築低,工程造價相應降低。 (2). 冷軋鋼建築的優勢之一,外形美觀,建築造型簡潔,豐富,構件截面尺寸小,淨使用面積增加。鋼材強度高,可以提供較大的柱網佈置;當考慮樓板的組合作用,使用組合梁或扁梁時,可以增加淨高;提供了靈活分隔室內空間的可能,日益受到重視。 (3). 冷軋型鋼結構不僅自重較輕,而且抗震性能非常好,選用高效、輕型、薄質材料,那麼構件截面的性能越好,而且,承載能力較大,剛度大、抗震性能良好。除此之外,還可以節省很多的建築材料,降低運輸與安裝費用。由此看來,對於那些地質條件較差、不方便運輸的地區,其優越性非常的明顯。	A

層級 串聯	整體 排序	考量因子	研究當初考量中高層化必備要件因素	分析結果
0.0365	10	2D-1. 在節能降性能方面之考量	冷軋型鋼結構在節能降性能方面,對冷軋型鋼結構住宅與傳統住宅形式的節能降性能比較,能夠明顯看出冷軋型鋼結構住宅的優勢。技術經濟指標主要是由建築結構的傳熱係數、蓄熱係數和每M ² 每日能耗來評價。根據對冷軋型鋼結構住宅和傳統的RC結構住宅所作的對比實驗,傳統RC結構住宅的傳熱係數在0.065-0.08W/m ² ·k之間,冷軋型鋼結構住宅的傳熱係數在0.055-0.07之間,冷軋型鋼結構住宅的傳熱係數比傳統RC結構住宅降低了0.01W/m ² ·k;傳統RC結構住宅的蓄熱係數在0.95-1.10W/m ² ·k之間,冷軋型鋼結構住宅的蓄熱係數在1.30-1.40W/m ² ·k之間,冷軋型鋼結構住宅的蓄熱係數比傳統RC結構住宅降低了0.3W/m ² ·k。	A

層級 串聯	整體 排序	考量因子	研究當初考量中高層化必備要件因素	分析結果
0.0339	11	2A-1. 設計者在結構概念仍需加強之考量	(1). 冷軋型鋼結構主要由各種冷軋型鋼材組成，冷軋型鋼材的自重較小、自身強度性能較差，冷軋型鋼結構的強度主要取決於冷軋型鋼材的強度，因此，在建築結構設計中，一定要加強強度的設計，並且以科學的措施與方法提升結構的整體強度。 (2). 冷軋型鋼結構設計中，設計人員一定要注意對於結構模式，以及材料規格、型號的確定，以保障建築結構施工工作的順利進行和完成。 (3). 在國內鋼材市場中不同規格的冷軋型鋼材價格會有很大的差異，這與鋼材的品質有很大關係的。 (4). 冷軋型鋼結構是建築物的整體框架，其強度設計是否符合國家相關品質標準，將直接關係到建築物的使用年限與抗震性能等多方面的問題，必須引起工程設計人員的高度重視。	A

層級 串聯	整體 排序	考量因子	研究當初考量中高層化必備要件因素	分析結果
0.0261	12	2B-5. 構造輕量化、結構穩定之考量	(1). 冷軋型鋼結構輕量化：作用於一棟建築結構的載重，對於地震力的抵抗能力與結構設計的材料使用量有相當密切的關係，結構體自重越輕，結構設計便可以使用最合理的材料使用量設計足夠承載建築物與抵抗外來風力與地震力；反之建築其他結構自重越重，則必須加大結構體斷面，使用更多之材料來支撐建物與抵抗外力。 (2). 為了展現冷軋型鋼結構的特點，進一步提高冷軋型鋼結構的性能，在設計的時候必須注重輕量化設計，減輕結構自重。而隨著結構重量的降低，水平荷載對結構的影響加大，因此輕量化設計與提高結構剛度必須同時進行。	A-

層級 串聯	整體 排序	考量因子	研究當初考量中高層化必備要件因素	分析結果
0.0232	13	2B-7. 軸心載重受壓構構之考量	(1). 軸向受壓構構用於承受軸向壓力之冷軋型鋼構，且其軸力通過有效斷面，該有效斷面之設計受強度計算，軸向受壓構構應依不同限制設計之，並考量斷面的形狀、材料的厚度、未支撐長度及端部約束條件而定。①階狀；②整體性扭屈（扭曲扭屈、扭轉扭屈或扭曲-扭轉扭屈）；③單獨材的局部扭屈；④扭曲扭屈。 (2). 冷軋型鋼軸心受壓構構之作用計算，蒙皮支撐的軸心受壓構構在蒙皮的支撐作用下，構構在荷載作用下沒有彎曲變形，沒有截面的扭轉和僅有軸向變形，則我們稱蒙皮為構構提供完全支撐。蒙皮抗剪剛度的增大，並不能增大對構構的約束作用，但是蒙皮抗剪剛度的增大，即能有效地减小構構的側向變形。 (3). 端部樑柱的強度是不太可能由端部扭屈控制：①端部之細長比過大，而提早發生局部扭屈例如C型斷面；②其足夠的端部加勁肋穩定性翼板C型斷面而非Z型斷面；③無支撐長度過大以致於扭曲或扭曲-扭轉扭屈強度控制；④翼板上貼置平板或端部提供足夠的旋轉來制約。 (4). 實際結構中蒙皮總是可能為構構提供不同程度的扭轉約束作用，但不考慮這一切因素，勢必會使設計結果過分保守，試驗和計算結果都顯示，蒙皮為構構提供的扭轉約束作用可有效地减小構構的扭轉變形，顯著提高軸心受壓構構的穩定承載力。 (5). 圍護結構，為了減輕中層建築冷軋型鋼結構的自重，圍護結構多採用輕質材料。	A-

層級 串聯	整體 排序	考量因子	研究當初考量中高層化必備要件因素	分析結果
0.0220	14	2B-3. 構構截面小，有效空間大之考量	(1). 冷軋型鋼結構承載力高，可以實現結構的大開間佈置，構構截面小，與鋼結構相比，自重比較輕，地基基礎型式的處理比較容易。由於基礎在工程造價中佔有比重較大，上部結構重量輕可以降低基礎的造價，從而減少整個項目的投資。冷軋型鋼結構施工機械化高特點，從另一方面減少了人工費用和教育訓練等其它輔助費用。 (2). 具有強度高、結構自重輕；冷軋型鋼構件截面小，有效空間大；並具有製造簡單，施工週期短；節能、環保5個方面的特點。	A-

層級 串聯	整體 排序	考量因子	研究當初考量中高層化必備要件因素	分析結果
0.0216	15	2B-6. 型鋼純曲構構之考量	(1). 冷軋型鋼純曲構構之設計必須包含下列四種設計考量：①純曲強度與變態；②腹板剪力強度與純曲-剪力強度；③腹板彎曲強度與純曲-純曲強度；④支撐需求。此外，若使用較薄的材料時，在某些情形下，尚需注意剪力滯留與翼板純曲現象。 (2). 純曲構構之純曲強度視其是否具側撐而有所不同，當構構側向具支撐時，可由其標稱斷面強度進行設計，因為純曲純曲具有中等的半波長，對於側向支撐構構的純曲純曲仍須考慮計算。當構構無側向支撐時，其極限狀態為側向純曲純曲。 (3). 張力翼板連接於鋼板或外覆板，而壓力翼板無側支撐之C型或Z型斷面之梁，構構之純曲容量介於受完全支撐構構與無支撐構構的容量之間。 (4). 翼板連接於屋頂系統之C型或Z型斷面之梁，構構之純曲容量大於無支撐構構之容量，也可能達相當於完全支撐構構之容量。 (5). 對於翼板連接於屋頂系統之純曲強度可依被認可的試驗取得，或構構之標稱純曲強度則取適用公式中之最小值設計。	A-

層級 串聯	整體 排序	考量因子	研究當初考量中高層化必備要件因素	分析結果
0.0197	16	2C-3. 可提高生產效率，減少出錯率之考量	(1). 冷軋型鋼生產可提高生產效率，減少出錯率，冷軋型鋼構造施工由構構起以造加工、接合及安裝完成，均應詳細檢驗其品質及安全，為確保施工能達到設計標準，設計人、監造人及承造人應依其權責辦理查驗工作，詳細記載查驗事項，並剔除不合格部分。在工廠製作型鋼構生產部分，其品質要求亦須符合規定。工廠製造品質檢驗材料及完成之製品，應實施檢查及必要之檢(試)驗，評定其品質以確保品質之維持。 (2). 為了減少出錯率冷軋型鋼結構施工前應依據設計圖說，事先繪製施工詳圖(應註明構構製造、組合及安裝時所需之完整資料)及提送施工計畫書，並依設計及施工規範規定，經設計人同意後加工製作，結構組裝與架設應盡量在工廠加工製造再運送至工地安裝為原則。	A-

層級 串聯	整體 排序	考量因子	研究當初考量中高層化必備要件因素	分析結果
0.0187	17	2D-5. 材料均勻，塑韌性性能好之考量	冷軋型鋼優良的抗震性能：地震發生時，冷軋型鋼結構的塑性區域可以通過變形吸收和消耗地震能量，降低結構剛度，減小地震對建築的作用，使地震作用上升緩慢，內力也不會增加，從而大大減小建築結構受到地震的影響。因此，使用具有延性的冷軋型鋼結構可以降低對建築承載力的要求，換句話說，延性結構可以通過自身變形抵禦地震作用。冷軋型鋼結構的發展趨勢，與構造工法的材料相比較，材料均勻，塑性、韌性好，抗震性能良好。	A-

層級 串聯	整體 排序	考量因子	研究當初考量中高層化必備要件因素	分析結果
0.0180	18	2A-4. 如何實現冷軋型鋼結構的優化設計之考量	我們必須在現有冷軋型鋼結構設計理念與方法的基礎上，加以適當的創新，以滿足建築行業的整體發展需求。實現冷軋型鋼結構的優化設計，可從吸收和借鑒世界先進經驗，國內冷軋型鋼結構設計加以創新，對於國內冷軋型鋼結構設計經驗充分的分析與研究，並堅持“去其糟粕，取其精華”的學習原則，對冷軋型鋼結構設計理念與方法進行科學、有效、合理更新和完善的，才能保障冷軋型鋼結構的優化設計。	A-

層級 串聯	整體 排序	考量因子	研究當初考量中高層化必備要件因素	分析結果
0.0157	19	2C-4. 設計既能配備齊備端板板組裝連接之考量	生產方面的創新在於將結構設計與端板塊生產自動化連為一體。在日本新日鐵公司有新聞發出一種名為“NS-CAD”的軟體，該軟體大大地提高了設計速度並能實現設計資料與生產設備的完全介面，在設計階段就能配備齊備端板板組裝所需要的所有連接件，資料登錄生產設備的CAM系統，就能實現自動化生產端板塊和屋架，極大的提高了生產效率，減少了出錯率，確保板塊的品質。	B+

層級 串聯	整體 排序	考量因子	研究當初考量中高層化必備要件因素	分析結果
0.0113	20	2B-8. 型鋼受拉構構之考量	(1). 冷軋型鋼受拉構構用於承受軸心拉載之構構。受拉構構的設計要求，依據容許強度設計法(ASD)與載重及強度係數設計法(LRFD)規定之。而對於受拉構構的設計而言，構構的全斷面或淨斷面用於計算承受軸心拉載構構的標稱受拉強度。 (2). 受拉冷軋型鋼構構的標稱受拉強度(抵抗能力)，依據構構的全斷面淨斷面或淨斷面淨斷面拉力破壞決定之。在受拉構構的接合處，需符合全部受拉強度規定。 (3). 全斷面淨斷面是間接地提供了受拉構構伸長變形的限制，全斷面淨斷面所計算之受拉強度的定義在熱軋型鋼上已被完整的建立。 (4). 在載重及強度係數設計法(LRFD)中，受淨斷面拉力破壞的強度折減因子 $\phi_t = 0.75$ 是與國內「鋼結構設計法規範與解說」和美國鋼構協會的「鋼結構設計法規範」的 ϕ 值相同(AISC)，而全斷面淨斷面破壞的 ϕ 值也選擇了與國內「鋼結構容許應力法規範與解說」和美國鋼構協會的「鋼結構設計法規範」相同的 ϕ 值(AISC)。	B+

層級 串聯	整體 排序	考量因子	研究當初考量中高層化必備要件因素	分析結果
0.0112	21	2G-1. 構構規格系列化、標準化之考量	(1). 美國：冷軋型鋼結構在美國發展最快，1965年冷軋型鋼結構在美國僅佔建築市場15%；1990年就上升到53%，而1993年則已上升到68%，到2000年已經上升到75%。住宅用構構和構構的標準化、系列化，及其專業化、商品化、社會化程度很高，幾乎達到100%，各種施工機械、設備、儀器組裝非常齊全，商品化程度達到40%，美國採用該體系建造的建築從20世紀90年代中期的55,000棟劇增為2000年的325,000棟。目前這種冷軋型鋼結構已成為國外的主要建築結構形式。 (2). 有利於住宅產業化，冷軋型鋼結構現場拼裝，所用構構可實行模塊化設計、工廠標準化生產、市場化採購，配套性好，避免了現場人工製作品質的影響，有利於推動建築朝工業化和產業化發展。 (3). 冷軋型鋼構構配件規格系列化、標準化可以實現現建工業化和產業化。冷軋型鋼構構在工廠製作，現場安裝，易於工廠現建生產和標準化、系列化，降低興建成本，利用先進的電腦輔助設計(CAD)和電腦輔助製造(CAM)技術，能及時、全面滿足用戶對建築的設計要求，效率高、報價快、造價低、供貨迅速。	B+

層級 串聯	整體 排序	考量因子	研究當初考量中高層化必備要件因素	分析結果
0.0108	22	2A-5. 設計者對結構抗震性能認識不足之考量	(1). 現代冷軋型鋼建築結構的設計工作中，結構的抗震性能是必須強化的設計內容之一。 (2). 冷軋型鋼建築結構的動載型況時有發生，往往引發實際結構的低階振型所對應的扭轉係數相差較大，這就極大的影響了結構的抗震性能。 (3). 在建築工程設計單位(建築師事務所)正式着手冷軋型鋼結構設計前，設計年級較短，而且缺乏專業的理念與技術研究工作，最終導致國內冷軋型鋼結構設計工作始終處於緩慢發展的狀態。	B+

層級 串聯	整體 排序	考量因子	研究當初考量中高層化必備要件因素	分析結果
0.0107	23	2G-6. 製造與加工及組裝之考量	(1). 建築技術規則編制冷軋型鋼構造之設計原則(或要求)(或通則)規定第五百二十四條規定：冷軋型鋼結構施工前應依設計圖說，事先繪製施工詳圖；施工圖應註明構構於製造、組合及安裝時所需之完整資料，並應依設計及施工規範規定。 (2). 冷軋型鋼結構構構可塑性强、應用廣泛，可以製造或組合成各種造型的結構，設計靈活，除了整體房屋產品，以冷成鋼構構製造安裝方便組裝成的牆體、樓板、屋架、桁架、鋼架、平臺、樓梯、門窗等局部產品也大量使用在建築與建之中。 (3). 製造者應依品質管制計畫及核可之細節作圖辦理自主品質管制及製造，並隨時接受起造人或監造人之抽驗。 (4). 冷軋型鋼結構構構之彎曲與整平得以機械方式或熱加工，同時應避免加工而引起之材料變質、斷面變形及內應力產生。 (5). 工地安裝前，承造人應詳加勘驗工地現場，並檢核各項安裝(含工地吊裝)事宜，製定詳細安裝計畫書，並提出設計及施工圖說有關安裝作業之質疑事項，送請監造人及起造人審核簽認。	B+

層級 串聯	整體 排序	考量因子	研究當初考量中高層化必備要件因素	分析結果
0.0099	24	2G-2. 施工安裝簡單快速化、工期縮短之考量	(1). 冷軋型鋼由於質輕、強度大、加工易、可回收等優點，已成為廣泛使用之工程材料，冷軋型鋼造型可多樣化、施工安裝簡單快速化、快速施工減少工期、維護及管理費低、易於變更。近年來，受到勞動人口減少、工資高漲的影響，以及社會大眾對於工地安全及環保建材的重視，高品質、輕量化、短工期、低勞動量之系統及模組化的冷軋型鋼建築構造成為傳統鋼筋混凝土及鋼結構建築的另一種選擇。 (2). 冷軋型鋼結構由於具有強度高、自重輕、施工速度快等優點，故一直是人們喜愛採用的一種結構，近年來得到了快速的發展，尤其是在20世紀下半葉，隨著世界鋼產量的大幅度增加，冷軋型鋼結構相對更加擴展了應用領域。 (3). 在冷軋型鋼結構廠房方面，雖然現在有一部分廠房可用混凝土結構代替，但是隨著生產水準的高速發展、生產技術的不斷革新、廠房更加自動化生產，在柱距、跨度、高度和起重能力都日趨擴大，同時對建築投產工期卻要求盡可能縮短，這些都促使冷軋型鋼結構發揮其特點，繼續保持並擴大這方面的應用領域。	B

層級 串聯	整體 排序	考量因子	研究當初考量中高層化必備要件因素	分析結果
0.0086	25	2D-2. 結構抗震性能好之考量	國外在高層建築中的應用已臻十分成熟，相對而言，由於設計標準、鋼材生產和造價等方面的限制，與同結構相比，冷軋型鋼結構具有許多不可比較的優點，如結構自重輕承載力高自、設計施工週期短、結構抗震性能良好、工廠生產化程度高、易於實現住宅的規模化生產和產業化等，在技表明，在都市中引入該結構機制或是可行的。因此，對台灣屬於高地震地帶而言，冷軋型鋼構造建築物結構抗震性好，使用年久免於地震影響，造成震害受損造成維修成本則為必然之考量。	B

層級 串聯	整體 排序	考量因子	研究當初考量中高層化必備要件因素	分析結果
0.0048	26	2G-3. 廠化與製程、產業化高之考量	(1). 建築產業化是指用工業化生產的方式來建造建築，是機械化程度不高和粗放式生產的生產方式升級換代的必然要求，以提高建築生產的勞動生產率，提高建築的整體品質，降低成本，降低物耗、能耗。 (2). 建築產業現代化是建築產業化發展的更高階段。建築產業現代化是指以科技進步為核心，用現代科學技術改造傳統的建築產業，進一步通過設計標準化，建築生產的工業化，採用“四新”技術(新技術、新材料、新工藝、新設備，以下簡稱“四新”)的大量推廣應用，提高科技進步對建築產業的貢獻率，大幅提高建築建設、管理的勞動生產率 and 建築的整體品質水準，全面改善建築的使用功能和居住品質，高速度、高品質、高效率地建設符合市場需求的高品質建築。 (3). 完善標準體系，強化技術支撐，要制定建築產業現代化標準體系和實施機制。完善專業設計、部品部件生產、預製裝配式施工、竣工驗收、使用維護、評價認定等環節的標準、規範和規程，建立產業化技術、產品和部品部件的檢驗、檢測、評價認定的品質保障體系。要不斷加大技術引導力度，充分借鑒國外經驗，梳理總結國內相對成熟的產業化結構技術體系，特別對裝配式冷軋型鋼結構技術進行重點研究和完善，加強對各地產業化項目的技術指導，加快裝配式結構、部品、部件的推廣力度。	B-

層級 串聯	整體 排序	考量因子	研究當初考量中高層化必備要件因素	分析結果
0.0043	27	2G-5. 整體品質管制及工程驗收之考量	(1). 為了使冷軋型鋼構件於工地安裝後符合設計要求，並作為判定依據，冷軋型鋼構件於工地安裝後需針對其配合精度、相對位置、安裝變形等進行相關之尺寸檢測。檢驗項目包含有預埋鐵件安裝精度、構件長、寬、高、對角線組裝基本尺寸、接合處精度、螺絲結合品質檢驗及工地接合品質之品質檢測等項目。 (2). 冷軋型鋼結構工地之驗收應符合下列規定：①各分項工程品質檢測均應符合標準；②品質檢驗紀錄及資料應完整。 (3). 冷軋型鋼結構工地驗收時應提供下列品質檢驗紀錄：①放樣工程檢驗單；②基礎埋設工程品質檢驗單；③牆體工程品質檢驗單；④樓板格柵工程品質檢驗單；⑤屋架工程品質檢驗單；⑥外圍材工程品質檢驗單。	B-

層級 串聯	整體 排序	考量因子	研究當初考量中高層化必備要件因素	分析結果
0.0031	28	2G-4. 易施工管理、成品管制之考量	(1). 為了冷軋型鋼易施工管理，冷軋型鋼結構施工前承造人應依據設計圖說，事先繪製加工製作詳圖、現場地工圖(應註明冷軋型鋼構材加工製造、組合及安裝時所需之完整資料)及提送施工計畫書(含組合及安裝計畫書)，並依設計及施工規範規定加工製作，結構組裝與架設應盡量以在工廠加工製作再運送至工地安裝為原則。 (2). 冷軋型鋼易施工管理、成品管制，在工廠製造品質管制計畫表計畫書之內容包括基礎、牆面、樓板、屋頂、門窗開口等各部構材及接合部之各種構件之安裝、原裝及接合等事宜。 (3). 完善冷軋型鋼結構的生產與施工業者技術標準要求，要嚴格施工管理，保證各構件品質。品質要求冷軋型鋼構造施工由購料、加工、接合及安裝完成，均應詳細查驗證明其品質及精度，為保證施工能以達到設計標準。4. 由於冷軋型鋼結構之品質管制影響結構安全甚鉅，其型鋼材材、加工、接合、安裝中所造成之瑕疵均可能對結構產生不利之影響，並導致結構無法達到設計標準。施工規範除為協助施工順利進行外，確保、提升工程品質。	B-

層級 串聯	整體 排序	考量因子	研究當初考量中高層化必備要件因素	分析結果
0.0025	29	2D-4. 材料生產成本佳之考量	實現住宅興建的工業化和產業化，冷軋型鋼結構在工廠製作，現場安裝，易於工廠規模生產和標準化、系列化，可採用工業化生產方式，實現技術集成化，提高住宅的科技含量和使用功能。因此，以興建建築材料之生產成本來探討發展冷軋型鋼技術用於中高層建築工程是必要的。	B-

4-5 小結

本考量層面體系第一階段分為七大層級，包含四十九項評估因子，經篩選後再進入，第二階段分為五大層級，包含二十九項評估因子，作為「層級分析法」專家問卷之實施依據。透過「層級分析法」專家問卷評價各指標群及因數權重，在各層級指標通過一致性檢定後，進行各層級要素及整體層級權重計算，求得「評估冷軋型鋼技術用於中高層建築應用順序」各評估層級指標權重值及優先順序，並透過各決策群體意見之交叉分析，據以瞭解政府部門、學術單位及全體專家各決策群體在「冷軋型鋼技術用於中高層建築」之決策差異性。經調查分析結果，可得知國內要發展冷軋型鋼中高層是可能性，不過主要癥結大家認為設計能力、結構分析、型鋼生產、材料性能、組裝等五構面技術如何齊頭並進與提升?有它的重要性。

五、台灣發展冷軋型鋼中高層結構建築之可能性

5.1 國內冷軋型鋼中高層結構建築之可行

1. 冷軋型鋼法規制度上，有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。隨後內政部93年3月25日台內營字第0930082921號函訂頒冷軋型鋼構造建築物結構設計規範與解說及內政部104年10月29日台內營字第1040815215號令第一次修正，自105年1月1日生效。內政部96年11月14日台內營字第0960806358號令訂定發布，冷軋型鋼構造建築物施工規範自97年1月1日生效。雖然從訂定冷軋型鋼構造專章，冷軋型鋼結構構件鋼材之厚度1 in(25.4 mm)比其他國家所規定厚度比較厚(如5-1表)，至今已有十多年了，實際建築工程運用與發展有限還在低

層階段，美國已發展至十四層樓了，我們還是趕快提出政策與方向及法規補充，未雨綢繆早點因應冷軋型鋼構造發展趨勢。

表 5-1 各國所訂定冷軋型鋼構造其鋼材規定厚度

國家	冷軋型鋼構造其鋼材規定厚度比較
日本	框組壁抵抗橫力，板厚 0.8-2.3mm
美國	北美規範厚度不超過 1 in(25.4mm)
美國	中高層冷軋型鋼房屋建築結構冷成型鋼（冷彎薄壁型鋼）厚度一般為 0.4~6.4mm，常用厚度一般低於 3.0mm
加拿大	中高層冷軋型鋼結構建築結構體系冷軋型鋼結構住宅的基本構件有 C 形（卷邊槽形）、U 形、Z 形構件。可單獨使用，也可組合使用，桿件間連接採用自攻螺釘。構件用鋼採用 Q235 或 Q345 鋼，厚度一般在 0.45-2.5mm 內。
台灣	冷軋型鋼結構構件鋼材之厚度 1 in(25.4 mm)
中國	構件壁厚不宜大於 6 mm，也不宜小於 1.5 mm(樓承鋼板除外)，主要承重結構構件的壁厚不宜小於 2mm。
中國	1987 年頒佈了國家標準《冷彎薄壁型鋼結構技術規範》(GBJ18-1987)，其對構件的厚度有要求 ($2\text{mm} \leq t \leq 6\text{mm}$)
中國	2002 年 9 月 27 日發佈修訂的《冷軋型鋼結構技術規範》(GB50018-2002)。但規範並不適用於厚度在 0.8mm~ 1.8mm 的冷軋型鋼。
冷軋型鋼結構認定(1、冷軋型鋼一般鋼含量在 25-30kg/m ² ;2、重型鋼結構一般鋼含量在 60-80kg/m ²)	

2. 從發展形勢看，國外在冷軋型鋼應用於中高層建築中，應用已經十分成熟，並有許多成熟的技術，可做為台灣發展中高層冷軋型鋼房屋體系發展具有很高的參考價值。另外冷軋型鋼結構與木構造在構造原理有許多相同之處，可從國外木構造發展也朝高層化，突破技術限制，已建的高層木結構屈指可數，根據國際木構造調查 (Survey of international tall wood buildings) 高層木構建築每年不斷成長中，按照建成時間先後順序對其進行了統計見 (表 5-2)，英加美所興建超高層木構造建築 (圖 5-1)。

表 5-2 各國高層木結構已興建完成之統計

編號	地點與建築名稱	結構體系	層數	建築用途	興建時間
1	瑞典哥本哈根 Limmologen	首層混凝土+上部 CLT 結構	8	住宅	2008
2	英國倫敦 Murray Grove	CLT 剪力牆結構	9	住宅	2009
3	英國倫敦 Birdport Housing	CLT 剪力牆結構	8	住宅	2010
4	德國巴德艾比林 Holz 8(H8)	CLT 剪力牆+混凝土核心筒	8	商業/住宅	2011
5	澳大利多思比思 Life Cycle Tower One	CLT 剪力牆+膠合木樑柱+混凝土核心筒	8	商業	2012
6	澳洲墨爾本 Forte	CLT 剪力牆結構	10	住宅	2012
7	義大利米蘭 Cenni di Cambiamento	CLT 剪力牆結構	9	住宅	2012
8	威寧爾根市 Treet	膠合木樑柱支撐+CLT 剪力牆	14	住宅	2012
9	溫哥華設計師 Michael Green 提出了一個可用於高地震烈度區域	CLT 剪力牆+SRC 核心筒結構設計概念 FTTT	30	住宅+辦公室	2012
10	2012 年，有 10 層樓、高 104 英尺 (31.7 米) 的福泰住宅區 (Forte residential block) 建成，可遠眺墨爾本維多利亞港，這座木結構建築在全球木建築中「海拔」第一。		10	住宅	2012
11	美國芝加哥 SOM 設計主體承重結構是由咬切板膠合木 LVL、平行木片膠合木 PSL、Glulam 和 CLT 等工程木材料建造		42	住宅+辦公室	2013
12	Michael Green 又使用齒柱弱樑的官行設計理念，採用鋼樑和螺栓連接，計畫在巴黎建一棟 35 層的木結構大樓。主體結構由一系列的沿塔樓連長布置的 CLT 和 Glulam 組成牆體、木柱、木質核心筒等。		35	住宅+辦公室	2014
13	2014 年，挪威卑爾根中心「Treet」拔地而起，又以 14 層樓的新高度奪魁。		14		2014
14	2015 年 10 月加拿大 UBC 學生宿舍大樓 18 層 (53M) 木結構。CLT 剪力牆+混凝土核心筒作為電梯井和整向消防通道		18	住宅	2015
15	近日，英國宣佈將打造一座 80 層、1000 英尺 (304.8 米) 高的木結構摩天大樓「Oakwood Tower」。該建築將成為倫敦第一座木結構摩天大樓，也將刷新全球木建築的天際線。這項工程由 PLP 建築事務所和劍橋大學建築系接手設計建造。				2016



圖 5-1 英加美所興建超高層木構造建築

5.2 台灣現行冷軋型鋼構造高度限制之探討

台灣冷軋型鋼構材，係由碳鋼、低合金鋼板或鋼片冷軋成型；其鋼材厚度不得超過二十五.四公釐。本規範內容係主要參考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) 制定。鋼板厚度比其他國家所訂定還要厚度大，其構造建築高度不宜限制於低層建築，在建築技術規則建築構造篇第八章冷軋型鋼構造第一節設計原則第 521 條冷軋型鋼構造建築物之高度稍微修正加註但書 [冷軋型鋼結構與鋼骨構造、鋼筋混凝土構造、或其他經審核認可之構造並用之混合式構造建築物，並依照本準則之結構計算結果其結構力學被確定為安全者，其總樓層數不受此限]。該構造工法在國內即可朝中高層建築技

術發展與世界接軌及同步發展。又根據國內各種構造在高度規定，大部分構造沒有限制建築高度(表 5-3)說明。

表 5-3 目前建築技術規則上各種構造高度與樓層數限制規定

構造種類	各種構造高度限制規定			
磚構造	第131條之1:磚構造建築物之高度及樓層數限制,應符合規範規定。			
	混凝土空心磚造種類及建築物之樓層數與層高表			
	空心磚種類	樓層數	層高m	結構論所使用之砌體種類
	A	2	7	符合CNS 8905[建築用混凝土空心磚]空心磚抗壓強度40 kgf/cm ² (3.92 MPa)之規定者,或為具有同等以上之品質者。
B	3	11	符合CNS 8905[建築用混凝土空心磚]空心磚抗壓強度60 kgf/cm ² (5.88 MPa)之規定者,或為具有同等以上之品質者。	
C	3	11	符合CNS 8905[建築用混凝土空心磚]空心磚抗壓強度80 kgf/cm ² (7.84 MPa)之規定者,或為具有同等以上之品質者。	
木構造	第171條之1:木構造建築物之層高不得超過十四公尺,並不得超過四層樓。但供公眾使用而非供居住用途之木構造建築物,結構安全經中央主管建築機關審核認可者,層高得不受限制。			
鋼構造	無興建高度規定			
混凝土構造	第四百七十五條之一:壁式預鑄鋼筋混凝土造之建築物,其建築高度,不得超過五層樓,層高不得超過十五公尺。			
鋼骨鋼筋混凝土構造	無興建高度規定			
冷軋型鋼構造	第521條:冷軋型鋼構造建築物之層高不得超過十四公尺,並不得超過四層樓。冷軋型鋼構造建築物結構設計規範及解說之附錄三、日本薄板輕量型鋼構造設計準則中-C.3樓層數規定以薄型鋼構為主體結構構造之建築物,水平強度計算確認安全性的情形下,除地下層外,樓層數需在4層以下。但薄型鋼構與鋼骨構造、鋼筋混凝土構造,或其他經審核認可之構造並用之混合式構造建築物,並依照本準則之結構計算結果其結構耐力被確定為安全者,其總樓層數不受此限,但其薄型鋼構部分仍僅限4層以下。			

另外有關冷軋型鋼結構與其他結構類型組合建造時建築高度和層數的要求,不同國家規範的規定差異較大,且國內某些構造方式高度和層數限制之間也有存在差異。依台灣在現有建築法規架構下,對於冷軋型鋼構造技術用於中高層建築之可能性?問題所在如(表 5-4)所述需對應問題與解決途徑及具體建議。

表 5-4 中高層化冷軋型鋼構造在台灣所面臨問題與具體建議整理表

層面	類別	專業	核心問題	具體意見	對應標準	解決途徑	具體建議
技術層面	結構	垂直荷載	冷軋型鋼軸彎剛度的不足	依高層建築設計規範與建築物耐震設計規範及耐風設計規範等之規定設計	增加立柱強度	多根立柱截面組合	
				增加牆體抗剪和抗傾覆能力	1.抗拔鉤栓、抗剪螺栓的改進。 2.設置水平和交叉支撐等。		
		水平荷載	冷軋型鋼抗側力結構的不足	建築技術規則設計構造編第8章第521條其鋼材厚度不得超過25.4mm。即冷軋型鋼構造建築物之層高不得超過14m,並不得超過4層樓,斷續不連續。	於第521條規定上增加但書規定。	或其他結構核可之構造並用之混合式構造建築物,並依照本設計規範之結構計算結果其結構耐力被確定為安全者,其總樓層數不受此限。	
	主要技術編結	構件防火時效	防火	建築技術規則設計施工編第79條承座牆體自頂層起算超過第四層至第十四層如各樓層為1防火小時低於柱柱樓板2防火小時要求。	依照建築技術規則規定辦理	以被動式防火途徑為主	增加石膏板厚度或者敷設數層,增設防火填充材料。
				建築技術規則設計施工編第79條之3防火構造建築物之樓地板應為連續完整面,並應突出建築物外牆50cm以上,且與樓板交接處之外牆面高度有90cm以上,且該外牆構造具有與樓地板同等或以上防火時效者,得免突出。	依照建築技術規則規定辦理	充分研究現行技術規範標準	結合不同建築物用途情況做出工法策劃及設計。
	一般技術問題	隔熱	隔熱性能	隔熱性能指標D值較小	依照建築技術規則規定辦理	原技術能滿足要求	保溫材料敷設及增設細隔層或採用保溫隔熱材料以被動材料。
				隔熱分區	隔熱性能與隔熱分區的對應	依照建築技術規則規定辦理	依隔熱分區劃分
		隔音	固體傳聲	樓板與牆板的固體傳聲弱點	依照建築技術規則規定辦理	阻隔傳聲係數	可採用隔音樓板、牆板技術,或冷軋型鋼牆骨、保溫材料石膏板組成的牆體,其隔音效果可高達60db。
	經濟層面	實質乃為技術問題	成本經濟指標	國內不具備國外成熟產業化配套環境	無標準對應	產業化	建立部品集成體系,建立部品集成標準。
				國內建築配套集成與整合,未見有廠商或官方涉入。	無標準對應	聯合整合	聯合部品相關部品集成企業共同整合,建立部品集成平台。
市場層面	行銷市場策略	目標市場	預測成本遠高於傳統建築造價	定價NTD10,000元/M ² 高於傳統建築造價	無標準對應	動態預測版本	開展項目全部過程成本預測規劃
			靜態預測成本過高	定價位於中高層建築	無標準對應	細分市場	重新審視冷軋型鋼結構特點,尋找最佳目標市場。

5.3 中高層化發展可能性與研究結果歸納說明

本研究經過兩次專家學者問卷調查評估篩選分析檢驗結果,過程相當嚴謹。因此,選擇各因子整體權重值排序前六項順位,提出分析探討(1)在設計能力層面因子佔了一項因子「全面提升冷軋型鋼設計者的綜合素質」;(2)在結構分析層面因子佔了三項因子「節點接合設計」、「結構系統韌性容量」、「組合結構體系」;(3)在型鋼生產層面因子佔了二項因子「CAD+CAM 自動化連一體」、「自動化型鋼機生產」。其中「CAD+CAM 自動化連一體」一項在兩階段權重值分別為(0.1526)、(0.1847)排序均第一,顯然此項絕對重要性。不管從建築師設計,結構技師結構分析,型鋼稱產業者,需會利用冷型鋼專業軟體CAD、CAM 做輔助(圖 5-2)。依照排序下列說明國內發展冷軋型鋼技術用於中高層建築可能性之發展理由:

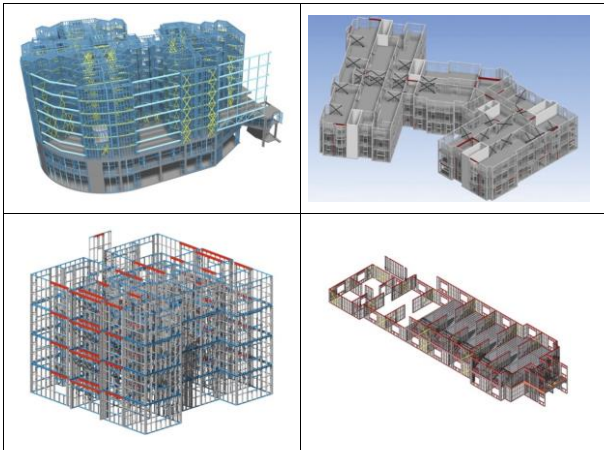


圖 5-2 冷軋型鋼構 CAD+CAM 一體化設計

1. 「CAD+CAM 自動化連一體」排名第 1 順位，權重值(0.1847)列為絕對重要性要件:若國內發展冷軋型鋼中高層化建築，因為，設計製造週期短，設計生產一體化現代結構設計借助於電腦和專業化結構分析軟體，使得設計週期大大縮短，設計中的修改和調整非常方便，可以實現房屋興建的工業化和產業化;冷軋型鋼結構在工廠製作，現場安裝，易於工廠規模生產和標準化、系列化，降低興建成本。利用先進的電腦輔助設計 CAD 和電腦輔助製造 CAM 技術智慧化自動興鋼機相結合，滿足設計要求，效率高，報價快，生產製造加工造價低，均在工廠成型組合成半成品後供貨迅速。
可能性發展理由:目前建築師事務所設計軟體大多採用 BIM 系統，很容易與 CAM 系統連結，從設計到生產製造相結合 CAD+CAM 自動化連一體，發展該工法是可行性。
2. 「全面提升冷軋型鋼設計者的綜合素質」排名第 2 順位，權重值(0.0941)列為絕對重要性要件:因為，台灣冷軋型鋼框架結構設計工作雖然起步較晚，但是在多年來冷軋型鋼框架結構設計工作者，有一些設計單位和人員已長期的投入該工作中，也可傳承逐步積累了豐富的經驗和寶貴的教訓。全面提升冷軋型鋼設計與結構人員的綜合素質，目前工程界普遍缺乏冷軋型鋼系統

的專業知識與先進的設計理念，應逐步將強對於設計與結構人員的在職培訓與知識的強化，逐步培養更多符合冷軋型鋼框架設計的高素質，進而實現冷軋型鋼構造優化設計，以滿足冷軋型鋼建築行業創新發展的時代需求。

可能性發展理由:依台灣現有建築法規架構下包括耐震設計、耐風設計、高層建築、冷軋型鋼構造等等設計規範施工規範完備;只要提升冷軋型鋼設計者的綜合素質，發展該工法是可行性。

3. 「節點接合設計」排名第 3 順位，權重值(0.0941)列為絕對重要性要件:因為，接合設計在現有(1)建築技術規則構造編之設計原則(或要求)(或通則)規定，冷軋型鋼構造第五百二十三條:冷軋型鋼結構之設計，應符合左列規定:第二項整體結構及每一構材、接合部(接合設計)，均應檢核其使用性。及設計冷軋型鋼結構構材之斷面或其接合，應使其應力不超過設計規範規定之容許應力，或使其設計強度大於或等於由因數化載重組合計得之需要強度。第五百二十五條:冷軋型鋼結構施工，由購料、加工、接合至安裝完成，均應詳細查驗證明其品質及安全。第五百二十六條:冷軋型鋼結構之耐震設計，應依本編第一章第五節耐震設計規定;其構材及接合之設計，應依設計規範規定。第五百二十八條:冷軋型鋼結構使用之鋼材，得依設計需要，採用合適之材料，且應確實把握產品來源。不同類鋼材未特別規定者，得依強度及接合需要相互配合應用。(2)冷軋型鋼構材的厚度較薄，一般應用於熱軋型鋼構材接合的焊接方式亦難以施做於冷軋型鋼構材接合，也因此，接合物(接合鐵件)的配合與應用乃冷軋型鋼構材接合的必要條件。(3)冷軋型鋼構建築工程一般規定標準在架構接合，可分為①材料、構材、接合

物;②樓面板壁構造體:包括樓面板組之構成、托樑與側封板格柵接合方法、托樑與端部托樑接合方法、樓面底板與托樑接合方法、基牆與托樑連接、樓面板開口規定與施作方法、樓面板與壁構造體接合方法、樓面板錨固、突出部分的樓面構架、樓版托樑之尺寸選定等等樓面板壁構造體;③屋頂桁架構造體:桁架式屋架各節點接合方法、屋架與壁體接合、屋簷與封簷板接合及開口補強等各部位接合。

可能性發展理由:依台灣現有的法規規定相當完備;只要節點接合遵照該原則設計,發展該工法是可行性。

4. 「結構系統與韌性容量」排名第4順位, 權重值(0.0686) 列為絕對重要性要件:因為, (1)建築物設計高度與構造種類及系統息息相關(結構系統韌性容量 R ; 起始降伏地震力放大倍數 α_y ; 建築物用途係數 I)(第一類建築物 $I=1.5$; 第二類建築物 $I=1.5$; 第三類建築物 $I=1.25$; 第四類建築物 $I=1.0$)。(2)與容許韌性容量(容許韌性容量 R_a 、結構系統地震力折減係數 F_u)有關。(3)冷軋型結構雖有重量輕及強度大之優點, 缺乏對冷軋型鋼結構韌性設計之研究。由於「建築物耐震設計規範」考慮到建築物之韌性容量而將設計地震力降低, 在「韌性設計之必要性」規定建築物之耐震設計不論那一種結構系統均必須考慮韌性設計, 滿足耐震設計所需之韌性需求, 以保有地震時仍有承受垂直載重之能力, 即使設計為不承受地震橫力之構架或構件, 仍須容許地震來臨時可能產生之大變形, 損壞後可以修復。同時須考慮結構構件及非結構構件之互製作用及非結構構件破壞時之後果, 以及樓版及屋面板須真有傳遞地震橫力至構架或剪力牆之能力。

可能性發展理由:依台灣現有的法規規定相當完備;只要對冷軋型鋼結構韌性設計, 由結

構技師提出解決對策, 發展該工法是可行性。

5. 「組合結構體系」排名第5順位, 權重值(0.0629) 列為絕對重要性要件:因為, 組合結構體(1)建築層數越多, 高度越高, 則由於風力或地震力引起的側向力就越大, 建築物必須有相應的剛度來抵抗側向力。因此, 組合結構體系也就需要不斷的發展。在中高層冷軋型鋼結構建築的設計中結構體系的選擇, 主要組合結構體系主要包括: 純冷軋型鋼體系、純鋼框架體系、框架-支撐體系、鋼框架-混凝土剪力牆體系、框架-核心筒體系、周圍抗側力體系等。由於框架結構體系可提供較大空間、門窗設置靈活、受力簡潔易形成縱橫框架, 並且框架可與樓版組合共同抵抗水平荷載作用, 因而, 在中高層冷軋型鋼結構中得到廣泛應用。(2)中高層冷軋型鋼結構的應用還處在尚未起步階段, 相關技術問題, 如中高層冷軋型鋼結構承重組合結構體系、施工和安裝技術、新型維護結構體系、承重與維護結構的連接方法和相互作用等方面的設計問題都有待研究。

可能性發展理由:依台灣現有的法規規定相當完備;只要對冷軋型鋼結構承重組合結構體系、施工和安裝技術, 與維護結構的連接方法和相互作用等方面的設計問題, 由結構技師提出解決對策, 發展該工法是可行性。

6. 「自動化型鋼機生產」排名第6順位, 權重值(0.0613) 列為絕對重要性要件:因為, (1)冷軋型鋼構材乃由碳鋼或低合金鋼板或鋼片在室溫下經由軋軋或滾壓製造而成。冷軋型鋼構材可應用的範圍相當廣泛, 其使用於建築方面亦相當的普及。鋼材經冷軋滾輪成型機自動化生產設備、設計與施工軟體、可生產優質的建築產品。高效的生產率及快速的施工方法極大的提高了生產效益, 確保工程按時完工。(與傳統房

六、結論與建議

6.1 結論

(一)、本研究經分兩階段調查評估分析檢驗結果，在各專家權重比值分為「設計能力」、「結構分析」、「型鋼生產」三項層面在發展冷軋型鋼中高層建築中，佔相當重要性與研究當初規劃架構層面考量相當一致性。而在各因子整體權重值排序中前六項(1)在設計能力層面因子佔了一項因子「全面提升冷軋型鋼設計者的綜合素質」；(2)在結構分析層面因子佔了三項因子「節點接合設計」、「結構系統韌性容量」、「組合結構體系」；(3)在型鋼生產層面因子佔了二項因子「CAD+CAM 自動化連一體」、「自動化型鋼機生產」。此六項考量因子與前一章節研究結果歸納分析中探討說明對國內發展冷軋型鋼技術用於中高層建築是可能性。

(二)、從兩階段專家調查中發現「CAD+CAM 自動化連一體」之考量因子，在整體權重值排序均第一順位，顯然此項在發展冷軋型鋼中高層建築之絕對重要性。利用先進的電腦輔助設計(CAD)和電腦輔助製造(CAM)技術，可以同時，將前期設計和型鋼的生產相連結，透過網路和 CNC 型鋼機結合，使完成設計後，即由型鋼廠的生產線完成產品製作，具有極高的效率和精確度，可以大大減少興建週期。

(三)、透過「層級分析法」專家問卷評價各指標群及因數權重，在各層級指標通過一致性檢定後，進行各層級要素及整體層級權重計算，求得「評估冷軋型鋼技術用於中高層建築應用順序」各評估層級指標權重值及優先順序，並透過各決策群體意見之交叉分析，據以瞭解政府部門、學術單位及全體專家各決策群體在「冷軋型鋼技術用於中高層建築」之決策差異性，依此分析提出相關研究結論、研究建議與後續

屋建造相比，冷軋型鋼結構房屋的建造可節省 1/3 到 1/2 的時間) 建築(從生產、組裝、運輸、安裝、及完工等方面) 成本的減低同樣提高項目的收益性。冷軋鋼結構解決方案自動化型鋼機生產，簡單易用、勞動力成本低，極大地提高了企業效益頗多，更優越的競爭優勢。(2)冷軋冷軋型鋼樓版平行桁架及屋頂桁架既可現場製作也適合於工廠大規模集成自動化型鋼機生產，跨度較大的情況下，採用冷軋冷軋型鋼桁架更為經濟。大跨度桁架結構迎合了現代開放起居空間潮流，從而拓展新的市場，更合適的建築方法(如現場建造、模組化建造、預製建造或可運輸建造)，優化資源利用，確保工程品質。(3)目前國內多家型鋼機製造公司，智慧 CAD+CAM 自動化型鋼機外銷世界，可惜在國內還沒採用。

可能性發展理由：依台灣就有智慧自動化型鋼機，只要投入型鋼機設備生產冷軋型鋼構材，即由工廠的生產線完成產品製作，具有極高的效率和精確度，可以大大減少興建週期，發展該工法是可行性。

5.4 小結

冷軋型鋼結構建築比傳統的建築模式具有便於工廠化製造，建造週期短、安全可靠、施工簡便、空間分割靈活，更容易滿足建築學的要求等明顯優點，有較大的潛在市場需求，可帶動相關產業的發展隨著台灣鋼捲事業的發展，結構用冷軋型鋼的品種和質量在 21 世紀會有較大的發展，當台灣該工法和國外其他發達國家一樣，在住宅建築中可以使用低合金高強度結構用型鋼材時，中高層型鋼結構住宅的用混凝土與鋼筋量和造價將會大幅度降低，從此在未來台灣中高層住宅冷軋型鋼結構建築的發展成熟期。

研究。

(四)、綜合上論述，台灣在冷軋型鋼建築體系經過十餘年應用與發展，作為四層以下低層建築，無論從結構的安全性，還是製造、安裝各種工項已基本完善。若進一步發展用於中高層建築，從設計至完成，依台灣現有建築法規架構下包括耐震設計、耐風設計、高層建築等等設計規範施工規範相當完備，要發展冷軋型鋼中高層建築是可能性的。

6.2 建議

台灣為了發展中高層冷軋型鋼建築結構CFSF (Cold-Formed Steel Framing)體系，在具體作法上有如下建議：

- (一)、從建築技術規則建築構造篇第五百二十一條：應用冷軋型鋼構材建造之建築結構，其設計及施工應依本章規定。-----前項所稱冷軋型鋼構材，係由碳鋼、低合金鋼板或鋼片冷軋成型；其鋼材厚度不得超過二十五.四 mm。冷軋型鋼構造建築物之簷高不得超過十四公尺，並不得超過四層樓。建議法規修訂增加建築高度但書：在冷軋型鋼構造，或與其他構造，經審核認可之構造，並用之混合式構造建築物，並依照本規則之結構計算結果，其結構力學被確定為安全者，其總樓層數不受此限。
- (二)、從發展形勢看，國外在冷軋型鋼應用於中高層建築中，應用已經十分成熟，並有許多成熟的技術。在國內尚未研發中高層冷軋型鋼建築體系，宜採用類同在台灣已用於低層建築的冷軋型鋼建築體系或可借鑒北美發展經驗，可做為台灣發展中高層冷軋型鋼房屋體系發展具有很高的參考價值。為了使台灣冷軋型鋼結構在新領域中發揮更大作用與世界接軌，縮小和國外同步發展的差距。

參考文獻

中文文獻

1. 內政部，建築技術規則。
2. 內政部，建築耐震設計規範及解說。
3. 內政部，建築耐風設計規範及解說。
4. 內政部，冷軋型鋼構造建築物結構設計規範及解說。
5. 內政部，冷軋型鋼構造建築物施工規範。
6. 內政部，鋼構造建築物鋼結構設計技術規範。
7. 日本，薄板輕量形鋼造建築物設計の手引ぎ，國土交通省國土技術政策總合研究所，2003。
8. 中國，PKPM 新規範計算軟體 TAT、SATWE、PMSAP 應用指南。
9. 潘吉齡，冷軋型鋼構造建築發展，朝陽科技大學營建工程系教授，2011。
10. 陳禮修，冷軋型鋼應用於建築工程之考量因數調查研究，中國科技大學建築研究所碩士論文，2006。
11. 陳遷、王浣辦，「AHP 方法判斷尺度的合理定義」，系統工程，第十四卷，第五期，頁 18-20，1996。
12. 餘強生、盧彥戎，以互動式 AHP 法為基礎的一個群體決策模式：以畢業旅遊行程選擇為例，國立中央大學台灣經濟發展研究中心，2002。
13. 羅應浮，發展經營網路商店之決策支援系統—運用 AHP 法。中國 科技大學產業經營管理系講師、交通大學工管所博士候選人，2005。
14. 鄧振源、曾國雄，「層級分析法的內涵特性與應用上」，國統計學報，第廿七卷，六，七期，頁 5-22，1989。

英文文獻

1. A Vertically Integrated Design, Engineering, And Construction

- Platform For Multi-Story Buildings. Prescient.2013 .United States 8688411 B2.
2. American Institute of Steel Construction, Specification for Structural Steel Buildings, ANSI/AISC 360-05, 2005.
 3. American Iron and Steel Institute, Cold-Formed Steel Design Manual, Washington, D. C., 2008.
 4. American Iron and Steel Institute, Commentary on North American Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members, Washington, DC, 2007.
 5. American Iron and Steel Institute, North American Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members, 2007 Edition.
 6. American Iron and Steel Institute, North American Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members, 2012 Edition.
 7. American Welding Society, Recommended Practice for Resistance Welding, ANSI/AWS C1.1/C1.1M-2000, Miami, FL, 2000.
 8. Australia, FRAMECAD® System, <https://framecad.com/en/home> ° Australia, Vertex CAD/PDM Systems Pty Ltd. info@vertexasustralia.com, www.vertexasustralia.com °
 9. B. W. Schafer, A. Sarawit, T. B. Peköz, “Complex Edge Stiffeners for Thin-Walled Members.” Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol. 132, No. 2, February, 2006.
 10. B. Z. Hua, Finite element analysis of influencing factors on shear resistance of cold-formed thin-wall steel composite wall [J]. Journal of Jilin Institute of Civil Engineering and Architecture, 2011, 28(1):13-16.
 11. Boube. La, A. Ri, “Tensile on Arc Spot Welded Connections- AISI Section E2.2.2,” University of Missouri-Rolla, Rolla, MO, 2001.
 12. British Standards Institution, British Standard: Structural Use of Steelwork in Building, “Part 5-Code of Practice for Design of Cold-Formed Sections,” BS 5950: Part 5: CF92-2, 1992.
 13. Building puzzle structure system. Prescient.2013 .United States 8528294 B2.
 14. C. G. Salmon, J. E. Johnson, Steel Structures: Design and Behavior, Third Edition, Harper & Row, New York, NY, 1990.
 15. C. L. Pan, J. L. Peng, “Performance of Cold-Formed Steel Wall Frames under Compression,” Steel & Composite Structures, Vol. 5, No. 5, 2005.
 16. L. E. Hsiao, W. W. Yu, T. V. Galambos, “Load and Resistance Factor Design of Cold-Formed Steel: Comparative Study of Design Methods for Cold-Formed Steel,” Eleventh Progress Report, Civil Engineering Study 88-4, University of Missouri-Rolla, Rolla, MO, February 1988.
 17. T. B. Peköz, “Design of Cold-Formed Steel Screw Connections,” Proceedings of the Tenth International Specialty Conference on Cold-Formed Steel Structures, University of Missouri-Rolla, Rolla, MO, October 1990.