

冷軋輕型鋼牆骨結構住宅體系的發展和應用

劉瑞豐建築師

摘要:

冷軋輕型鋼牆骨結構住宅體系以其重量輕、抗震好，壽命長、施工快等優良特性，逐漸成為鋼結構住宅的一個重要發展方向。從技術和應用兩方面介紹了冷軋輕型鋼牆骨結構住宅在國內外發展過程，對比發現我國的冷軋輕型鋼結構住宅技術與歐美，日本等發達國家的先進技術還存在著很大差距。

應用冷軋輕型鋼牆骨結構主要用於低層住宅或別墅，採用壁厚為0.8mm~6mm的冷軋熱鍍鋅鋼板為材料，加工成以C形與U形兩種簡單截面形式的基本結構構件，經裝配、組裝工藝成為完整的住宅結構框架。框架與罩面板(通常採用定向刨花板或稱O.S.B板或歐松板)用自攻螺釘連接起來，形成一種複合受力的牆骨體系。目前，在美國、加拿大等發達國家已為人們所接受並廣泛使用。近年來，我國建築鋼結構雖然發展很快，但以冷軋型鋼為骨架的鋼結構住宅結構體系正處於發展初期。

1 冷軋輕型鋼牆骨結構住宅體系概述

1.1 冷軋輕型鋼牆骨結構住宅體系受力機理

垂直荷載:主要由冷軋型鋼屋架、樓面型鋼樑傳給牆體型鋼立柱承受並傳至基礎。由於屋架、樓面梁和牆體型鋼立柱基本在同一軸線平面內，故牆對垂直荷載的承受和傳遞是明確的。水平荷載:冷軋型鋼體系承受水平荷載包括風載和地震作用荷載等。水平荷載主要由平行於荷載方向的牆體承受並傳至基礎。為防止水準力作用產生的力矩使牆體發生轉動，在牆體底部二端設置抗拔錨栓:為防止水準力作用產生的牆體底部剪力將使牆體發生水準移動，在牆體底部設置抗剪螺絲。

1.2 冷軋輕型鋼牆骨結構住宅體系的特點

由於冷軋型鋼結構體系構件較小，構件之間全部採用螺絲連接，這種承重結構體系採用鍍鋅冷軋型鋼的結構體系有更好的抗震、防腐、防蟲、環保和節能效果，且施工現場多為幹作業，因此，其具有安裝簡便、搬運重量小、僅需小型起重設備、施工快捷等優勢，在住宅建築方面具有很大的發展潛力。(詳圖1.圖2)



圖-1 冷軋輕型鋼牆骨結構住宅體系-二層樓



圖-2 冷軋輕型鋼牆骨結構住宅體系-三層樓

2 冷軋輕型鋼牆骨結構住宅體系在國外的發展和應用

目前，由於環保意識的加強和木材短缺等因素，許多國家如美國、加拿大、日本、澳洲等，正積極地推動預製裝配化鋼結構中低層住宅的應用與發展。

2.1 冷軋輕型鋼牆骨結構住宅體系技術的發展

在美國，1939年康乃爾大學在喬治·溫特教授領導下，開始對冷軋型鋼結構進行研究。1946年，基於溫特教授的研究成果，AISI(美國鋼鐵協會)發行了允許應力設計(ASD)規範((冷軋成型鋼結構構件設計規範))，這也是世界上最早的冷軋型鋼結構規範和準則。AISI於1956年，1960年，1962年，1968年，1980年和1986年對該規範進行了修訂，以反映該技術的發展及不斷研究所獲得的成果。AISI還於1991年發行了第一版荷載抗力係數設計(LRFD)規範，並在1996年將ASD和LRFD規範合併成一本規範。1999年，AISI又發佈了1996年版的補充。2005年AISI又發佈修訂版。美國將AISI 相關冷軋成型鋼設計標準上升為國標，其中包括((冷軋成型鋼結構總則))，((低層冷軋輕型鋼住宅指定性建造方法標準))，((冷軋成型鋼桶架設計標準))，((冷軋成型鋼過梁設計標準))，((冷軋成型鋼抗側力體系設計標準))。

加拿大標準協會CSA於1967年也發佈了((冷軋成型鋼結構設計規程))、在冷軋輕型鋼牆骨結構低層住宅方面，加拿大有比美國更為細緻的技術規範與手冊，如加拿大薄壁鋼建築結構協會CSSBI發佈的((冷軋輕型鋼住宅結構施工細則))，((冷軋輕型鋼住宅構件選樣標準表))，((冷軋輕型鋼住宅結構設計指南))，((低層冷軋輕型鋼結構施工細則))等。更為重要的是加、美兩國成立了北美鋼構聯盟(NASFA)，最終實現了北美冷軋成型鋼結構設計標準的統一。

20世紀70年代起，歐洲許多機構和私人公司對冷軋成型鋼構件、連接及結構體系進行了積極研究和開發。在奧地利、捷克、法國、瑞典、英國、德國等都是最早形成冷軋成型鋼設計規範的國家，同時，歐洲鋼結構協會(ECCS)完成了一些用於建築冷軋成型鋼結構測試及設計的檔。20世紀末，歐洲標準化委員會發行了用於冷軋成型鋼構件和銅板的歐洲規範3中的1---3部分(Eurocode3 : Part 1-3)，這標誌著歐洲在冷軋成型鋼結構方面也有了統一標準。

冷軋輕型鋼牆骨結構技術在澳洲的發展主要是以澳大利亞和紐西蘭兩國為代表。在當今冷軋成型鋼結構技術領域澳大利亞的Hancock教授是繼美國的溫特教授之後又一位傑出的大師級人物。在他的主持領導下，澳洲於1996年統一了冷軋成型鋼結構技術標準("AusTralian STandards /New Zeal STandards on ColdFormed STeel STructure"，AS/NZS 4600，1996)。亞洲冷軋輕型鋼牆骨結構的發展始於20世紀80年代。進入90年代，日本加大了在這一領域的研究與開發。1995年，日本鋼材俱樂部成員以新日鐵為首的6大鋼鐵企業聯合開始研發冷軋成型鋼結構技術(後稱為KC技術體系)，並於2002年發佈((薄板輕量型鋼造建築物設計手冊))，此後上升為國家標準。

2.2 冷軋輕型鋼牆骨結構住宅體系的應用

美國在1992年初期，僅有500棟，1993年建造了15000幢冷軋成型鋼住宅，1996年75000幢，而1998年達到12萬棟，2000年達到20萬棟的規模，約佔住宅建築總數的20%。2002年後將佔住宅市場份額的25%。在北美，這種結構還被越來越多地運用到中高層建築領域，據建設部住宅中心考察報告稱，北美冷軋輕型鋼牆骨中高層住宅已實施將近300萬M²。

在日本，每年用於建築的鋼材2500萬T左右，佔鋼材總量的25%，其中用於鋼結構住宅的鋼材也有700萬T~800萬T。冷軋輕型鋼牆骨結構住宅(日本成為薄板鋼骨住宅)份額也隨之呈年上升趨勢，現在年建造數量都在10000棟以上，並被國家大力推廣使用。在產品形態方面，這種結構不僅被用在獨立式住宅、別墅中，而且在學生公寓、汽車旅館、超市、兒童活動室、老人福利院、醫務所等不同類型建築中均有廣泛使用。除了整體房屋產品，以冷軋成型鋼構件組裝成的牆體、樓板、屋面、屋架、楠架、網架、平臺、樓梯、門窗等局部產品也被大量使用在公共建築之中。在歐洲(如英國、德國、荷蘭等)，由於鋼結構的隨意拼接能力可以設計出豐富多變的住宅建築外形，因此，在別墅住宅設計中已越來越多地用鋼結構體系替代傳統的磚結構。

在中國與西方發達國家相比，中國的冷彎成型鋼結構技術的發展起步較晚，上世紀80年代初期北美先進的冷彎型鋼結構技術被引入中國。1987年終國發佈了第一部冷軋成型鋼結構設計標準((冷彎薄壁型鋼結構技術規範)) (GBJ18-87)，1998年開始全面修訂，並於2002年9月27日發佈修訂的((冷彎薄壁型鋼結構技術規程)) (GB50018—2002)。但這一規程並不適用於厚度在0.8mm~1.8mm的冷軋型鋼。一些企業如北新房屋有限公司從自身經營的考慮編寫了自己的企業標準((薄板鋼骨建築體系技術規程))上海綠築公司編制了企業標準((低層冷軋型鋼結構施工品質驗收規程))；2004年建設部開始組織編寫((低層輕型鋼結構裝配式住宅技術要求))並於2005年發佈；2009年3月中國在工程建設標準化協會(CECS)組織編制的冷軋成型鋼結構房屋體系的設計標準((低層冷軋型鋼房屋建築技術規程))已經完成。在中國，雖然低層冷軋輕型鋼牆骨結構住宅體系的研究尚處於起步階段，但是其市場呈迅猛發展趨勢。一些外國的大型鋼構公司如巴特勒、美建、博思格已經進入中國建築市場[剖，中國的一些大型鋼構公司和專業生產冷軋輕型鋼產品的企業已經開始引進國外的先進技術，在中國建成了一些成功的工程，據不完全統計，目前中國的這種低層冷軋輕型鋼牆骨結構住宅數量為2000多棟。

3 冷軋輕型鋼牆骨結構住宅體系在我國的發展和應用

國內冷軋輕型鋼法規制度上，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日生效及102年12月內政部建築研究所協同研究報告冷軋型鋼構造建築物施工規範（修正建議），現營建署待審中。

近年來由於國內缺乏輕型鋼構建築的結構計算技術，國內部分廠商直接與發展輕型鋼構建築多年的日本建築業合作，但在建材價格上與知識的技術上等因素上，讓輕鋼構建築的成本比傳統鋼筋混凝土建築高出許多，也因此在市場上的競爭性相對不足；既使冷軋型鋼構造住宅在台灣的建築市場上一直無法大量的推廣，但考量此類建築物的種種優點，國內仍有不少的業者很努力在推動輕鋼構住宅，期許政府與一般民眾在注重「環保與安全」的觀念上，能慢慢的接受冷軋型鋼構造的建築型態。88風災後，由政府與民間共同的力量，在南部所興建的輕型鋼構住宅(慈濟永久安置屋)之後(圖-3)，就沒有出現過整社區型冷軋型鋼構造住宅了。冷軋型鋼由於質量輕、強度大、加工容易等優點，已成為廣泛使用之工程材料，目前世界各國皆發展以鋼材為建築物的基本原料，使用具環保且可回收的鋼材做為建築材料，是台灣在建築發展的一個重要趨勢。國內這幾十年來據知台日公司(圖-4)與環球公司這兩家公司投入冷軋型鋼建築較多，每年大概一兩戶仍然持續興建而已。因限於設計軟體與智慧化型鋼機需要一筆龐大資金，無人願意投入，造成我國冷軋型鋼構造，一直停滯狀態，有賴業者與政府共同努力推廣。



圖-3 理成鋼構公司所興建冷軋輕型鋼構建築(88水災-慈濟永久安置屋)



圖-4 台日公司所興建冷軋輕型鋼住宅

4 結論

冷軋輕型鋼牆骨結構住宅是以冷彎型鋼為承重骨架，以輕型牆體材料為圍護結構所構成，與傳統住宅結構相比具有明顯的綜合經濟效益，所以發展冷軋型鋼住宅不但可以解決我國建築興建效率低、品質差的問題，而且有利於促進我國住宅建築的產業化。對比國內外的發展情況，可知進一步加深對冷軋輕型鋼牆骨結構住宅體系的研究，並編制出一套適合我國的國家標準和行業標準的必要性和迫切性。另外，冷軋輕型鋼牆骨結構住宅主要以低層為主，中高層僅在北美與加拿大有興建完成建案，一棟一棟出現，現已有採用冷軋型鋼工法興建至十四層樓高（美國Prescient Student Housing）（圖-5）。針對我國地少的國情，將冷軋輕型鋼牆骨結構住宅從低層發展到中高層，也是一片新的更廣闊的研究領域。



圖-5 美國Prescient Student Housing中高層冷軋輕型鋼建築