

國內框組版式輕鋼構建築物及其施工精度控制(上)

陳震宇^{*1} 林君憶^{*2}

^{*1} 國立成功大學建築學系 助理教授

^{*2} 國立成功大學建築研究所 碩士

摘要

冷軋型鋼材料在國內應用甚為普及，由於材料加工容易且可快速組裝，以往常被使用在工廠、住宅增建、工寮或組合屋等用途。也因此，民眾對輕鋼構建築物多半停留在「臨時性建築物」的印象。然而在美日等地，輕鋼構建築物可是房屋高度工業化下的產物。

本文以框組版式輕鋼構建築物為例，除簡要說明其發展與系統組成外，也分別從材料、構成要素、施工流程及規範要求等內容來加以說明，另外也透過案例調查將國內框組版式輕鋼構建築物在生產製造、施工流程及施工精度控制等方面的情形加以了解與分析，以期有助於輕鋼構建築物在國內之發展。

一、前言

輕鋼構在國外建築產業中，是一項成熟的工業化產品，從設計、生產到組裝的過程中，皆有一定的標準作業程序來進行品質的管控。而反觀國內，多半是在遭逢重大災害後，災區急需在短時間內解決住的問題，像輕鋼構這一類具備施工快速且輕量化的構造物，便成了一時之選(圖 1)。因此對於國人來說，輕鋼構建築物也多半停留在一種臨時性或應急用構造物的印象。

不過，誠如前述，輕鋼構建築物絕不是僅適於用來興建組合屋等這一類臨時應急用途的構造物而已。事實上，從一開始的構件設計、工廠製造組裝到現場的組立安裝等程序，皆須從材料性能、各種構件的接合及構工法上的特性等內容加以考量才能達到良好的品質。其中，精度控制更是攸關輕鋼構建築物建成後品質良寡與否的重要因素。



圖 1 高雄杉林鄉慈濟大愛園區組合屋 (資料來源：筆者所攝)

二、版式輕鋼構之概述

(一) 框組版式輕鋼構的基本認識

框組版式輕鋼構系統主要源自於2x4木構造房屋系統之平台式構法，其施工方式主要概念是在架設前先將樓板之水平構體固定於間柱末端，並以樓板作為新的工作平台，再將組立完成之牆體移動定位，並進行精度校正及加強固定，之後再以此步驟繼續逐層往上搭建牆體及樓板。在施工的過程中，平台式構造之每一層樓板都可以作為上層結構的基台，其施工簡易且迅速(圖2)。【文獻4】

儘管國內業界經常出現「輕鋼構」一詞，然而對於「輕鋼構」之名稱則尚無明確之定義。為避免用詞及認知上之混淆，本文參考我國及美日等地之規範，對於本文所稱『框組版式輕鋼構』一詞，分別從材料及構造形式來加以界定：

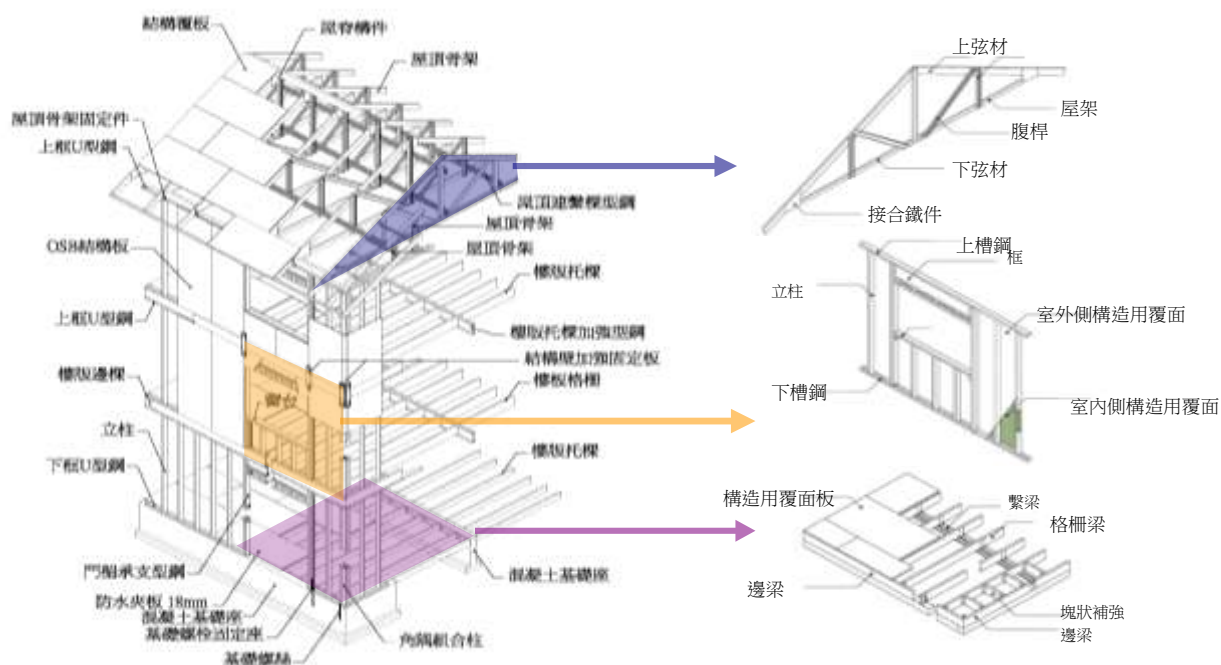


圖2 框組版式系統支架體組成示意圖 (資料來源：改繪自廠商資料)

1. 使用材料

依據《建築技術規則建築構造編第八章冷軋型鋼構造》及《冷軋型鋼構造建築物結構設計規範及解說》之規定。冷軋型鋼材係指厚度不得超過25.4mm之鋼材。不過隨後於2007年所頒布《冷軋型鋼構造建築物施工規範及解說》中則又指出鋼材之最小基本厚度應在0.45mm至5.0mm之間。

另在美國《North American Standard for Cold-Formed Steel Framing-General Provisions》規範中，對於冷軋型鋼材料厚度，則是指介於18mils (0.455mm) ~ 118mils (2.997mm) 之間的材料。

而在日本方面，於2001年11月依據『建築基準法施行令第80條之2第一号』的規定(特殊鋼骨造)，日本國土交通省頒布告示第1641號-『薄板輕量形鋼造建築物

又は建築物の構造部分の構造方法に関する完全上必要な技術的基準を定める等の件』，則是正式將冷軋型框組版式輕鋼構造物在構造安全上所需要的相關技術及規格加以規定。在該告示內容中，除了將冷軋型框組版式輕鋼構造物正名為『薄板輕量形鋼造』之外，也明確規範此類構造物作為主要結構材料時的規格為厚度 0.4 公釐 (mm) 以上至 2.3 公釐 (mm) 之薄板鋼材 (第 2 號)。隔年，2002 年，日本建築學會也隨即依據上述告示，發行《薄板輕量形鋼造建築物設計の手引き》一書，該書除了說明告示內容的相關條文之外，同時也對此類建築物在達到安全目的上，其結構所需要的相關技術及規格加以說明。

2. 構造系統型式：

依據國內《冷軋型鋼構造建築物施工規範及解說》中，將冷軋型鋼構造建築物依構造形式分為構架式、框組版式、單元箱式及複合式四大類。本文所指之輕鋼構造物係以框組版式系統為主。

綜上所述，在參考我國及美日等規範之內容後，本文所稱之『框組版式輕鋼構』係指由 0.45 mm~5.0 mm 之冷軋型鋼材料所構成之框組版式輕鋼構造建築物。

(二) 框組版式輕鋼構各部位的構成與施工

框組版式系統主要是以冷軋型鋼材組成框架，再以覆面板材及繫條等作為補強材建構而成。其中，各構材的接合主要是以螺栓及螺絲配合特製鐵件接合而成。框組版式系統由於部分框組可於工廠內預先組裝完成，故在現場施工之接合界面較構架式系統少，因此可達到短期內快速組裝的效果。

框組版式輕鋼構建築物主要由基礎、樓板、牆體及屋頂四個部分所構成 (圖 3)。

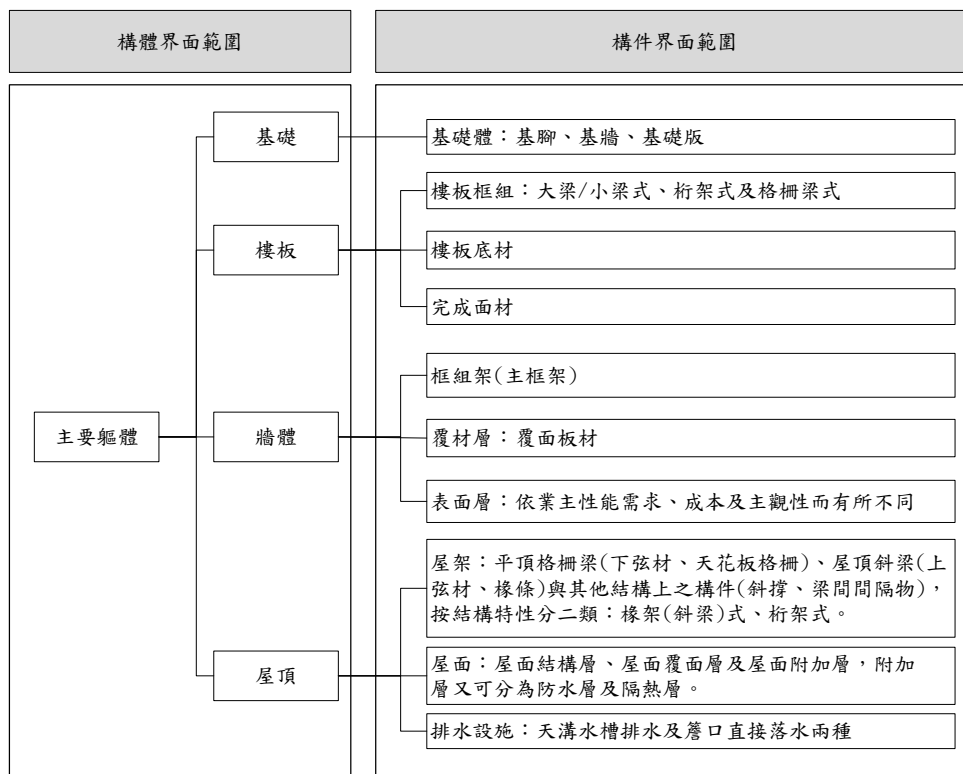


圖 3 框組版式輕鋼構支架體之構成 (資料來源：筆者繪製)

基礎：

基礎之主要功能為將樓板、牆體、屋頂或其它房屋載重應力，透過基牆轉移到地面，其主要構成要素有基牆與樓面底板等部位。表 1 為實際施工之情形及流程：

表 1 基礎部位的施工

基礎開挖	基礎底板灌漿	基礎版配筋灌漿	錨錠螺栓埋設	基牆模版組立灌漿
				

資料來源：筆者整理

1. 樓板：

樓板是結構體中重要的水平構件，為確保水平樓板構架與垂直牆體構架的承載力的傳遞，樓板構架之桁架樑或格柵樑之間距，不可超過樓板底材之跨載能力。樓板主要由樓板框組、樓板覆面底材及完成面材三部分組構而成(圖 4)。

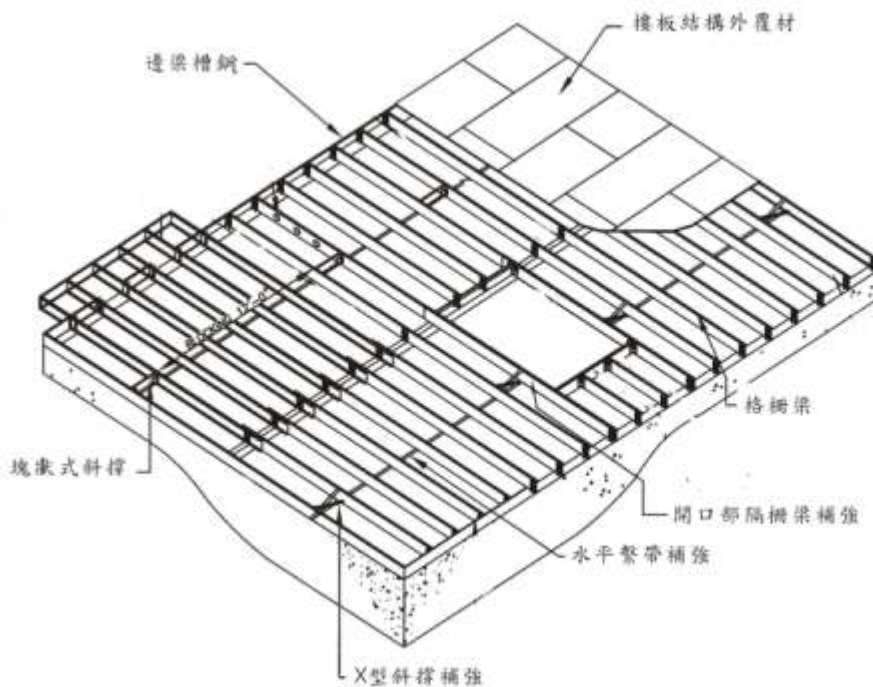


圖 4 格梁樓板構架整體示意圖

(資料來源：文獻 7)

一般說來，地面層樓板的作法如圖 5 所示，在基牆完成後，於其上方安裝格柵梁與邊梁組成樓板框組，此時樓板下方與 PC 大底間所留設之空氣層可作為防潮通氣之用。不過目前所調查之國內個案的作法，則與上述方式有所不同，其作法主要在 PC 大底完成後，直接於 PC 大底上方施做裝修面材，即將此大底做為一樓之樓地板，因此並無須另外架設一樓之樓版框組，同時也無設置空氣層(圖 6)。

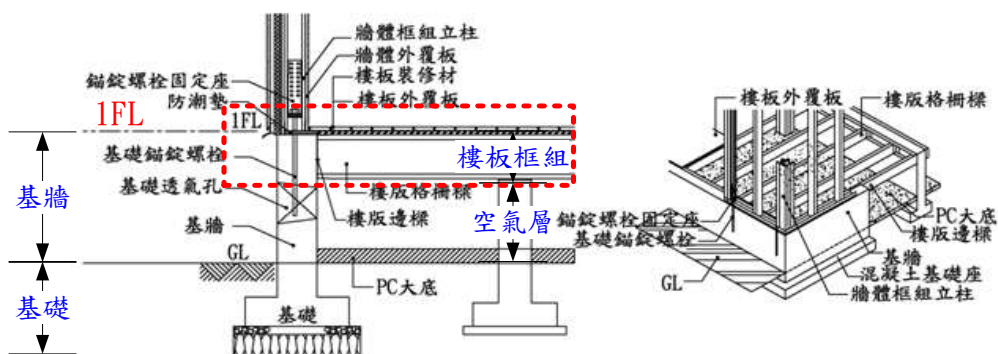


圖 5 基牆、一樓樓板框組與牆體框組接合示意圖
(資料來源：改繪自廠商資料)

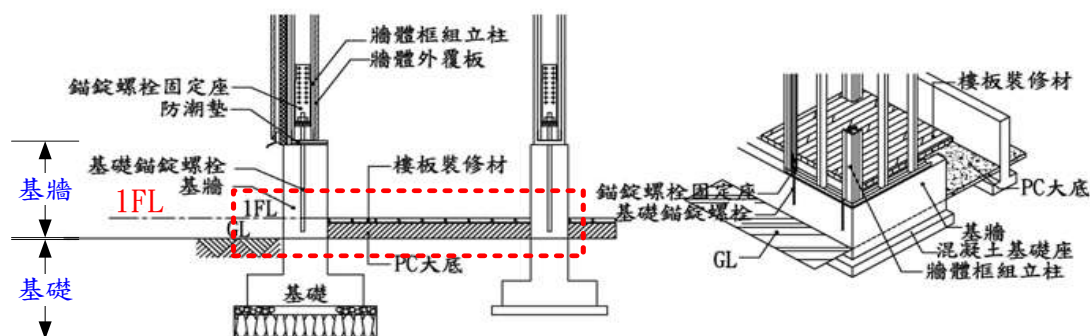


圖 6 國內常用樓板施作方式示意圖
(資料來源：改繪自廠商資料)

下表為二樓以上樓板框組安裝時之施工流程：

表 2 樓板部位的施工

樓板位置放樣	樓板吊裝	偏移調整	螺栓鎖固	接合補強
				

資料來源：筆者整理

2. 牆體：

主要功能為承受垂直載重或承受水平載重力或兩者兼具。牆體主要由框組架（主框架）、覆材層與表面層組裝而成。表 3 為牆體安裝的施工流程：

表 3 牆體部位施工照片

放樣位置核對	臨時支撐架設	角隅柱組立	隔間牆組立	外牆組立
				

資料來源：筆者整理

3. 屋頂：

目前國內框組版式輕鋼構建築物(住宅)常用之屋架構法，依結構特性分為椽架式構法、桁架式構法兩類【文獻 7】。其中又以桁架式最為常見，其說明如下：

- (1) 椽架式構法：用冷軋C型鋼材以人字型方式組立結合成屋架椽條，屋架的接點採用鉸接接合 (pin joint)，屬於簡易的組構方式。一般椽條桿件以自攻螺絲直接接合或以特製鐵件來互相接合，另外也會增加水平繫桿或斜向繫桿補強，以增加椽架的穩定性。(圖7)。
- (2) 桁架式構法：以冷軋C型鋼材組成屋頂桁架，桁架是由桿件、節點與桿件構成的三角形平面所組成的骨架，藉由節點部的鉸接合 (pin joint)，組合成以三角形為單位的構架 (圖8)。

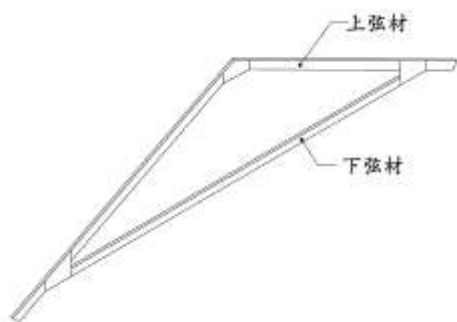


圖 7 椽架式構法框組單元圖
(資料來源：筆者繪製)

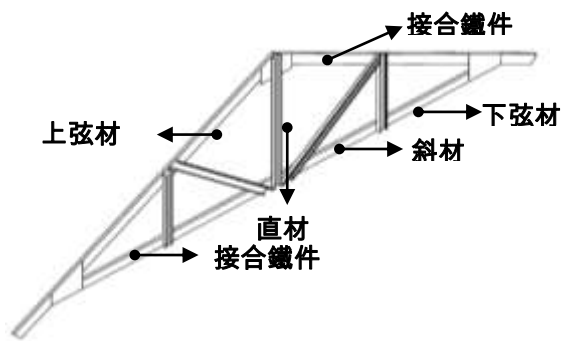







圖 8 桁架式構法框組單元圖
(資料來源：筆者繪製)

表 4 為屋頂構架現場施工流程及照片：

表 4 屋頂部位施工照片

屋頂構架組合	屋架吊裝	屋架垂木吊裝	精度調整	面材鋪設
				

資料來源：筆者整理

三、框組版式輕鋼構施工精度之相關規範要求

框組版式輕鋼構在部分構件於工廠進行組裝完成後，再載運至工地現場進行組裝。為了確保完工後的品質，從構材的生產、工廠內的組裝以及現場的安裝作業，每一個階段都必須控制在可容許的誤差範圍內。

整體施工精度可分別從廠內作業之「製品精度」與現場施工之「安裝精度」兩個作業階段來看。其中前者又可區分為「單一材料精度」及「框組單元之組裝精度」兩部分(圖 9)。

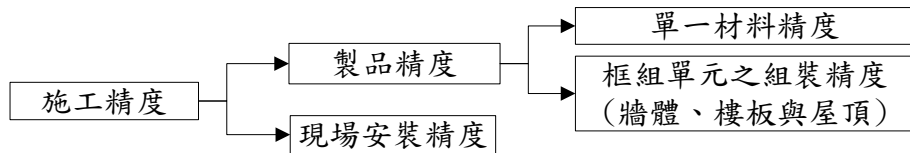


圖 9 施工精度的構成

(資料來源：筆者繪製)

由於我國對於框組版式輕鋼構在施工精度控制的要求尚未十分周全，底下先依據前述各作業階段，將目前國內外可參照之相關規範對於施工精度及其控制之方式加以說明：

(一) 製品精度

1. 單一材料精度規範

單一材料精度依作業內容又可區分為鋼捲材料與冷軋型鋼材料兩部分。表 5 為我國及美日等國在此方面可參考之規範與內容。

表 5 單一材料精度規範項目表

單一材料精度						
項目	台灣		日本	美國		中國
	CNS	冷軋型鋼構造建築物施工規範及解說	JIS	ASTM	MBMA	
鋼捲材料	CNS 1244 熱浸法鍍鋅鋼片及鋼捲之相關規定： 1. 製品厚度許可差 2. 寬度及長度許可差 3. 形狀：弧度、直角度、平坦度	—	JIS G3302 規範內容同我國 CNS 1244	ASTM A653： 1. 寬度 2. 長度 3. 厚度 4. 平整度	—	GB/T2518-2008 連續熱鍍鋅鋼板及鋼帶之相關規定： 1. 製品厚度許可差 2. 寬度及長度許可差 3. 形狀：弧度、直角度、平坦度
冷軋型鋼材	CNS 6183 一般結構用輕型鋼之相關規定： 1. 構材尺寸：厚度、長度、斷面尺寸、構材直線、斷面肢材間之角度	我國《冷軋型鋼構造建築物施工規範及解說規定》： 1. 形狀 2. 構材尺寸：厚度、長度、斷面尺寸、斷面肢材間之角度、彎曲度	JIS G3350 規範內容同我國 CNS 6183	依據 ASTM C955 (結構材) 及 ASTM C645 (非結構材) 所說明之製造容許誤差： 1. 構材尺寸：長度、寬度、外傾、內傾、孔洞邊距、孔洞中心間距、彎曲、拱起弧度、扭轉	美國鋼構造建築製造協會(Metal Building Manufacturers Association-MBMA)對於常用之冷軋 C 型與 Z 型鋼材斷面，所提供的構材加工製造誤差要求： 1. 斷面尺寸 2. 構材直線位差 3. 孔洞位置	《低層冷彎薄壁型鋼房屋建築技術規程》徵求意見稿： 1. 構材尺寸：長度、斷面尺寸、斷面肢材間之角度

資料來源：筆者整理

2. 框組單元組裝精度規範

現行我國與美日之規範主要著重在結構強度上的要求，對於框組單元組裝之施工精度則無相關之規定。因此本文另行參考中國《低層冷彎薄壁型鋼房屋建築技術規程》徵求意見稿中之規定（表 6），以作為後續檢視此階段作業程序施工精度之參考。

表 6 框組單元組裝精度規範項目(參考資料：中國《低層冷彎薄壁型鋼房屋建築技術規程》)

部位	牆體框組	屋頂框組
精度控制項目	長度 高度 對角線 平整度 牆體立柱間距 開孔位置 其他構件位置	屋架長度 支撐點距離 跨中高度 端部高度 跨中拱度 相鄰節間距離 弦杆間的夾角

資料來源：筆者整理

(二)現場施工之安裝精度：

有關框組版式輕鋼構現場安裝精度控制之相關規定，我國《冷軋型鋼構造建築物施工規範及解說》主要參考美國 AISI 所出版之《Standard for Cold-Formed Steel Framing General Provisions》。在日本方面於《輕鋼構造設計施工指針・同解說》一書中則是說明安裝精度主要參照日本建築學會之 JASS 6 鐵骨工事之相關規定，然由於此規範所談及的構造型式為構架式，與本文所指之框組版式系統有所不同，並非完全適用，因此表 7 中除參考我國及美國之規範外，對於日本部分，僅參考日本 JASS6 規範中梁的水平、立柱垂直及建築物整體的主結構之垂直與彎曲等項目。此外，在此部分也將中國《低層冷彎薄壁型鋼房屋建築技術規程》中對於此階段的要求一併納入。

表 7 現場施工之安裝精度規範項目表

現場施工之安裝精度			
台灣	日本 JASS6	美國 AISI 《Standard for Cold-Formed Steel Framing General Provisions》	中國 《低層冷彎薄壁型鋼房屋建築技術規程》
我國規範參考 美國	1. 柱之安裝面高度 2. 柱之傾斜 3. 梁之水平度 4. 上下層之高程差 5. 建築物的彎曲 6. 建築物的傾斜。	1. 基礎與牆體下框組槽鋼或邊緣槽鋼最大空隙不得超過 6.4 mm(1/4 in)。 2. 框組構材須水平與直立(plumbness)之組立要求，例如牆立柱應為直立安裝，同樣的牆構架上下緣框構材亦需水平安裝。除非另行設計且審核認可。 3. 同軸構架框組構材的對齊指結構牆立柱、樓板格柵梁、屋頂桁架下弦桿件、必須互相垂直對齊成一直線，使構材與其下方支撐構材之中心線（寬度中間）對齊，其偏心距離不得超過 19mm。結構牆體，則上承樓板格柵梁或屋頂桁架，下接基礎牆或與框組樓板垂直連接。 4. 承壓寬度指樓地板格柵梁或屋頂桁架下方之牆體構架組立後須提供足夠承壓寬度，其端點承壓寬度至少不低於 38mm 或經由設計許可或相關規定處理承壓。	1. 主體結構之整體垂直度 2. 主體結構之整體平面彎曲 3. 屋架、格柵梁安裝：垂直度 (Δ)、側向彎曲 (f) 4. 結構覆面板材安裝：板材間接縫寬度、相鄰板材間之高低差、板材平整度

資料來源：筆者整理

小結

在單一材料精度方面，我國標準制定主要參考日本 JIS G3302，我國及美日等國的規範內容完整，且對於鋼捲與鋼材之精度所規範之項目差異不大。鋼捲部分控制主要為寬度、長度、厚度與平整度等項目；鋼材部分為斷面尺寸、長度與斷面支材間之角度等項目。

框組單元組裝部分，目前僅有中國有針對牆體與屋頂框組尺寸及平整度等項目做基本精度要求，惟僅參用單一國家之規範，無從比較與互補恐有缺漏之慮。

另在現場安裝精度部分，我國與美國同樣要求著重在框組吊裝水平與垂直、同軸構架框組構材的對齊、承壓的牆寬強度等項目，然其並未依據應用情形做有效之分類，故參用不易。相對於此，中國與日本之規範乃是依據構造部位及整體需控制之項目，訂定容許的精度誤差，在參用上較為容易。

在整體施工過程中，關於上述規範資料不足之部分，則再藉由實際調查的方式，將各家廠商在施工過程中之所執行之控制項目、參考標準及方法加以了解，以補足現行規範中所不足之內容。【下期續】