

高雄杉林慈濟大愛村「超輕鋼構(Light Gauge Steel)」永久屋之介紹

作者/邢憶明備役中校

提 要

- 一、由於地球暖化、氣候變遷異常導致全球地震頻傳，然大規模震災最易造成建築物大量倒塌。
- 二、災後住宅重建對一般受災戶而言無非是一個龐大的負擔，然興建組合屋似乎是災後處理居住問題之最快速與權宜手段之一。
- 三、高雄杉林月眉農場「超輕鋼節約能源綠建築」永久屋，以新開發的超輕鋼構技術營建，可防7級震、17級風，採版牆系統設計，是最能達到園區「綠建築」概念的建材。
- 四、超輕鋼構住宅擁有安全（耐震、抗風、防火、耐久）、健康、舒適、省能、環保等優質性能，其組裝方式分可區分為工廠預製及工地組裝二部份。

關鍵字：超輕鋼構、Light Gauge Steel、永久屋、版牆系統

前 言

近年來因世界氣候變遷，極端降雨情況嚴重，易造成重大的災害，舉凡1995年阪神-淡路大地震、1999年九二一集集大地震、2008年汶川大地震、2008年八八水災到今年2011年日本大地震，每當發生重大災難時，災後急需相當數量之緊急臨時住宅俾供盡速安置大量災民，使其有一暫時棲身的場所。各種的天然災害中，然大規模震災，最易造成建築物大量倒塌。然而住宅重建所須的時間及成本對一般受災戶而言無非是一個龐大的負擔，興建組合屋似乎是災後處理居住問題之最快速與權宜的手段之一。

災難發生後災民所需之住宅類型

美、日等國於災難發生後安置災民所需要的住宅，並按照災難發生後之時間歷程，將此類提供給受災民眾居住之住宅，大致分為下述四大類：¹

一、緊急避難所(emergency shelter)：

¹吳杰穎、邵佩君、林文苑、柯于璋、鴻鴻智、陳天建、陳亮全、黃智彥、詹士樑、薩支平，《災害管理學辭典》(台北：五南出版社，2007年)，頁10、78、87頁。

此階段為住宅復原重建第一階段。緊急避難場所僅僅提供安全的環境，並非經過事前規劃。例如地震後，一些家庭睡在自家的車上(Bolin and Stanford, 1991, 1998)。或者，地震發生後，災民緊急跑到空曠處避難。

二、臨時避難所(temporary shelter)：

臨時避難所為住宅復原重建第二階段。災民選擇臨時性避難所通常有以下順序：若是親戚、朋友，其房屋沒有損壞且距離又近的情況下，則投靠親戚、朋友。若沒有鄰近房屋未受損的親戚、朋友，高收入的家庭則選擇商業性設施，如汽車旅館、飯店。低收入的家庭，則投靠慈善團體（如紅十字會），利用一些公共建築（如學校、體育館、教堂），提供住宿、飲食。通常災民留宿臨時避難所的時間可能是數天至數週不等，其中大多是中下階層之災民選擇進住。

三、臨時性住所(temporary housing)：

住宅復原重建第三階段為臨時性住所，其範疇有以下：毗鄰受災社區之親友家、租賃房子或是由公部門提供之簡易短暫住所（如921的組合屋）。從臨時避難所過渡到永久性住屋大約需要數週至數年的時間，這期間臨時性住屋對中下階層災民扮演極為重要角色。

四、永久性住屋(permanent housing)：

永久性住屋為住宅復原重建最後階段，通常災民會於原來土地上重新建造永久性住宅，或於其他房屋市場購置房屋。完成住宅重建，受災戶即恢復日常生活。

災後重建工程之需要，永久性住屋建構須快速、安全，更催化超輕鋼住宅的發展；超輕鋼住宅是高品質、輕量化的營建材料，工期的縮短與較低勞動率的施工方式，於是輕型鋼隔間牆系統受到相當的重視及使用。其採用乾式施工，同時降低砂石用量、垃圾處理及空氣污染等難題，其中以美國、日本之持續開發，精益求精達到高品質、低成本構造工法最值得肯定與效法。

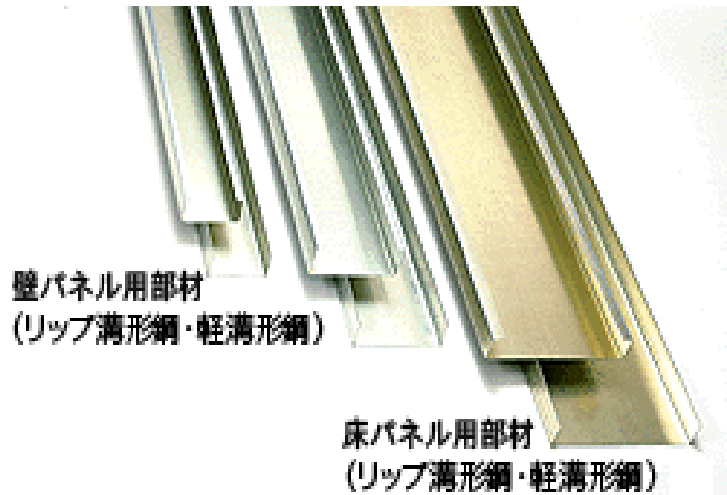
「超輕鋼建築系統」(Light Gauge Steel Structure System)類型

所謂的LGS，全名為「超輕鋼建築系統」(Light Gauge Steel Structure System)，一般稱為「輕鋼構」。顧名思義，它除了重量較輕外，對冷熱、濕度、噪音、水氣、黴菌的控制較好，都是這項建材近年在建築界日益受到重視的原因。主要構材²有唇槽鋼（唇C型）、輕型槽鋼（C型），鋼板厚度介於1.0~1.6mm（如圖一）。輕型鋼構結構體構法按組構系統，將輕鋼構組構方式³分為柱樑構造、

註²許淑貞，《國內輕型鋼構住宅結構接（節）點之調查研究》（台南：成功大學碩士論文，2010年），頁2-6。

註³同註2，頁2-13。

框組版式（版）牆)構造及箱式構造。



圖一 薄板輕量型鋼構材
資料來源：日本スチールハウス協會

一、構架式：

構架式構法即俗稱「柱樑結構」，其力學特性主要由柱、樑承擔所有外力。結構體主要構件為「柱」與「樑」所組合。依各部品的組構狀況屬於結構體與外牆分離型；以輕型熱軋鋼或以冷軋鋼材組合成斷面較大的構件來進行組構為主，形成主要樑柱承重的框架式構造（如表一）。樓版構架型式為運用小樑連接與柱接合的大樑或邊樑，將樓版載重傳遞到邊樑後再傳至柱上；現場組裝絕大部分採線狀部品組構方式，基礎完成後由一樓柱開始組裝，由底至頂施作，標準工期約三到四個月內。

表一 樓版構架式原理示意表

組構原理示意圖	說明	圖例
	• 部品（係指構材單元或構件單元）間的預組化程度通常集中在製材與構材單元間。 • 部品間的集積度較低。 • 可現場組立，亦可預先組立再吊至定位組合	

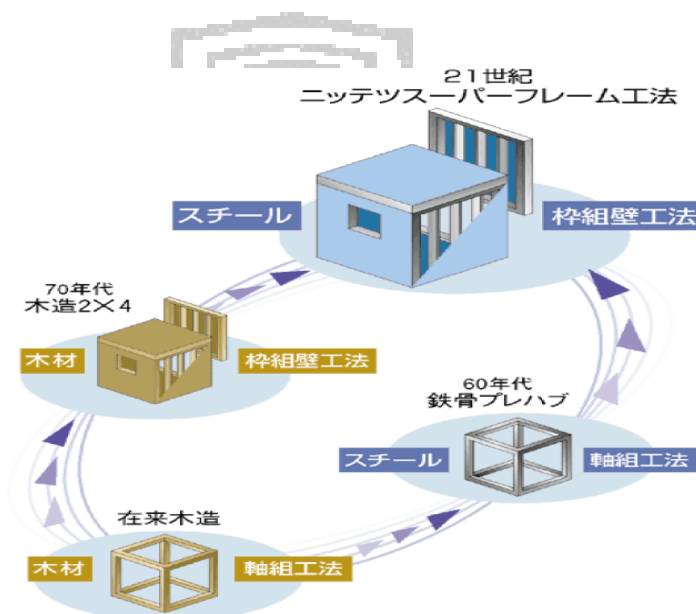
資料來源：蘇杰鳴，《國內輕鋼構住宅樓版構法之研究》（台南：成功大學碩士論文，2002年），頁2-17。

二、框組版式：

框組版式構法主要源自木構造之2×4工法或籠架式(Balloon Frame)工法，遂將木框架改採鋼鐵材料所發展的輕鋼構工法，亦即日本所稱「框組壁工法」、「薄板輕量型鋼構造建築物」（如圖二）。

其施工方式主要承襲輕木構架之平台式構法之特性，平台式構造：先組立剪力外牆，再將樓版構架組立後疊於其上方，而樓版構架上再行組立上一層的剪力外牆板，其力的傳遞方式是經由剪力牆將應力傳至樓版構架；再經由樓版構架將應力傳至下一層的剪力牆，此種狀況下；樓版構架除了必須負擔樓版上的垂直載重及上下剪力牆在垂直方向上的軸力，還必須負責傳遞水平方向上，上下剪力牆間的應力。

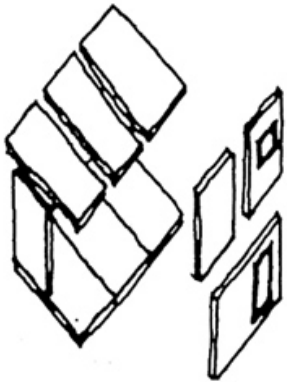
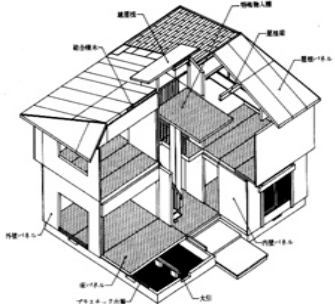
即開始安裝一樓牆版之前，需先完成第一層樓板，以形成一平台，當一樓牆版完成後，接著施作第二層平台，再組立牆版及天花屋頂部份（如表二）。



圖二 日本框組版式構法演進示意圖

資料來源：許淑貞，《國內輕型鋼構住宅結構接（節）點之調查研究》（台南：成功大學碩士論文，2010年），頁2-11。

表二 樓版框組版(版牆)式原理示意表

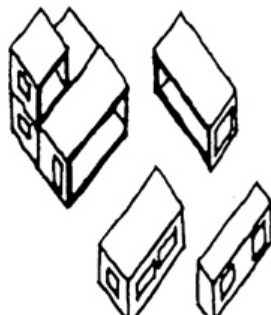
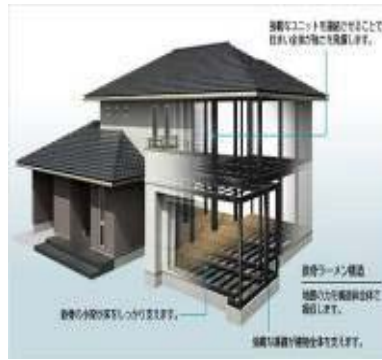
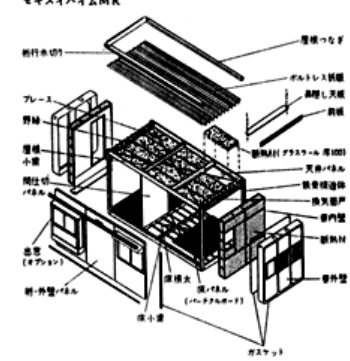
組構原理示意圖	說明	圖例
■結構體=外牆・一體型 (部品集積度：中) 	線狀部品工地組裝： • 大部分垂直部位的牆體皆以版狀來形成其結構承重牆。 • 水平方向的構造多以樑部品等線狀部品來構成。 • 部品間的預組化程度通常集中在構材單元與組件單元間。	
	線狀部品工廠組裝： • 垂直水平等版牆構造皆以版狀部品構成。 • 部品間預組化程度通常集中在組件單元。	

資料來源：蘇杰鳴，《國內輕鋼構住宅樓版構法之研究》(台南：成功大學碩士論文，2002年)，頁2-18。

三、單元箱式：

主結構體構成方式為單元框架式，由一個或數個空間單元的方形框架所組構而成，屬於主結構體的水平構件皆以斷面較大的鋼材組構而成，樓版構架則以木格柵或輕型鋼構成的格柵樑與主結構體的水平構件相接合，形成一完整的樓版構架，而格柵樑與主結構體水平構件的接合方式多以鉸接或半剛接為主，箱式構法之單元模組的結構接點是於工廠焊接而成為剛接架構模組，而相鄰模組間藉由接合鐵件繫結物聯結。當模組受水平力後，由本身垂直構件傳遞至基礎，或藉接合鐵件傳遞至相鄰模組之水平構件後傳遞至垂直構件而後再至基礎。單元箱式依工法不同可分為結構體使用「部分箱型」及「全箱型」兩型式(如表三)。

表三 樓版單元箱式原理示意表

組構原理示意圖	說明	圖例
■箱型・單元型 (部品集積度:大) 	線狀箱型部品- 部分箱型 • 為避免箱型構法之結構體重複所產生之浪費，同時為了提高尺寸上的自由度，箱型單元以版狀或線狀部品來連接。 • 部品間的預組化程度通常集中在空間單元。 	
	整體箱型之部品- 全箱型 • 建築物結構體以一規模較大型構造所構成，幾乎所有的組裝都在工廠完成，現場只需整地、打基礎與定位吊放建築物即可。 • 預組化程度已達到在單體建築的規模。	

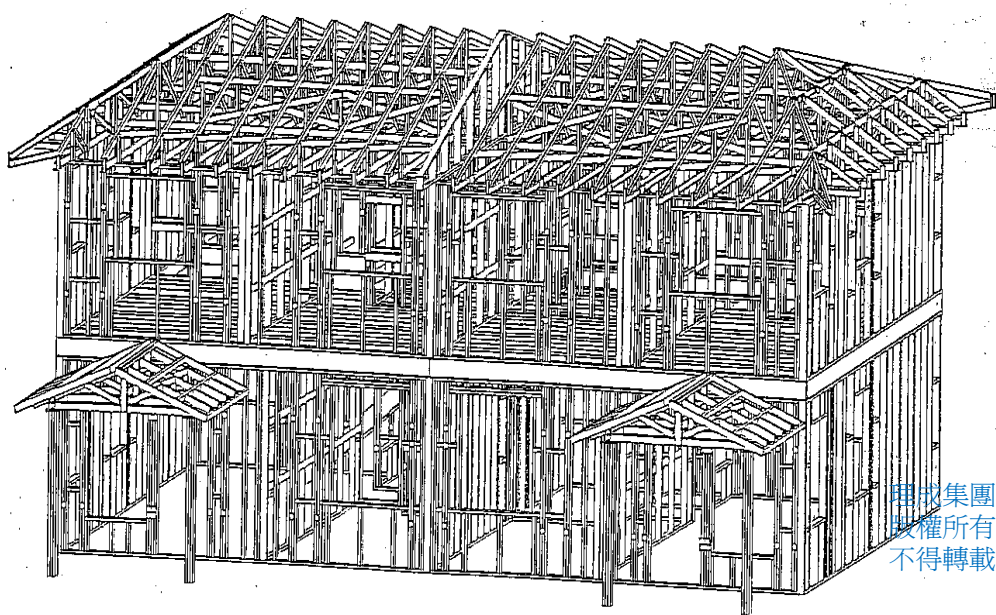
資料來源：蘇杰鳴，《國內輕鋼構住宅樓版構法之研究》(台南：成功大學碩士論文，2002年)，頁2-18。

四、複合式：

除上述三種構法外，有時支架體的組構方式並非單一構法所構成，因此就有兩種系統同時存在的可能性稱之。

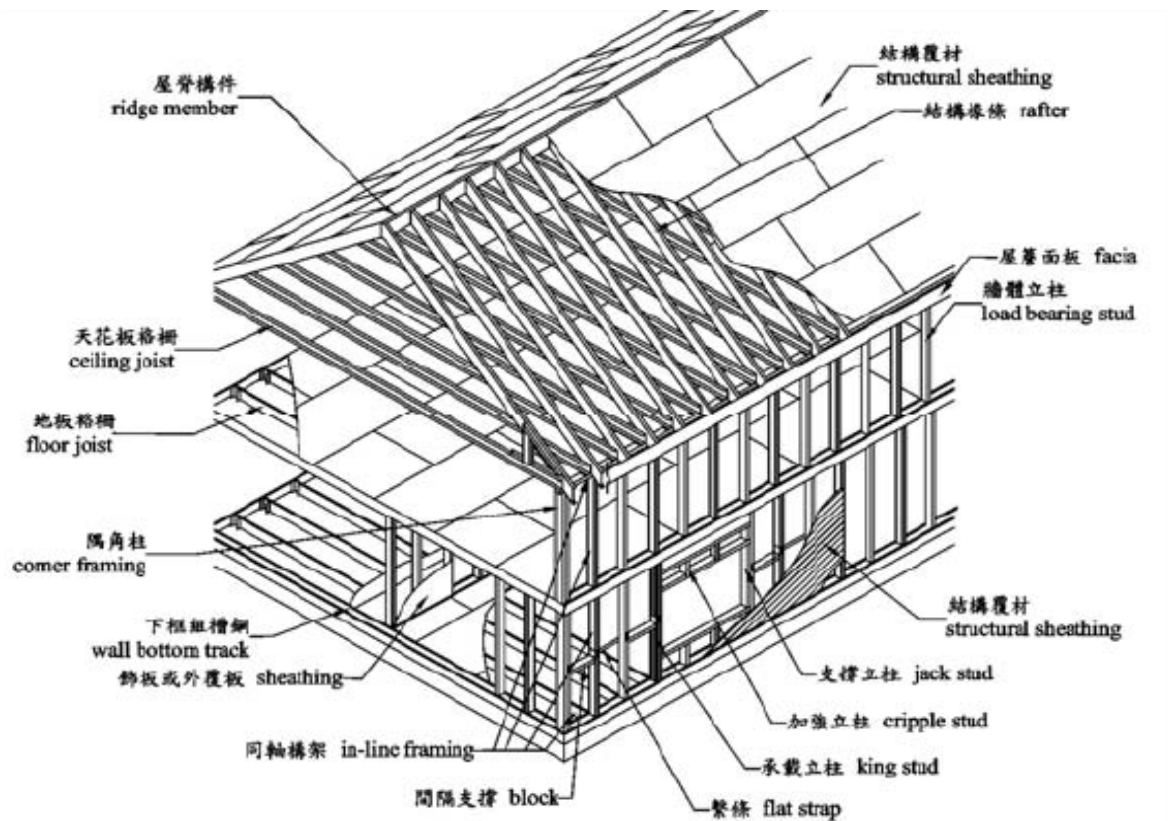
高雄杉林月眉農場慈濟大愛村永久屋-「超輕鋼構建築」

莫拉克颱風之八八水災重創南台灣，八八水災過後重建工程，「佛教慈濟慈善事業基金會」與理成營造，於高雄杉林月眉農場規劃興建二層樓雙併之「超輕鋼節約能源綠建築」住宅新社區提供災民設置永久屋（如圖三），一幢二戶（每戶37餘地坪、32餘建坪），以新開發的超輕鋼構技術營建，可防7級震、17級風，用的是具有專利的進口構件輕鋼構建築的牆壁、樓板，本身就是樑柱，加上其保溫層、防水層、矽酸鈣板等多層結構，能保持牆體中空，有效平衡室內外溫差，還能隔音、防火耐燒、不會揮發有毒有機氣體，是最能達到園區「綠建築」概念的建材，內設有兩間睡房、一間客廳、一間廚房、一間洗澡室，屋頂采鋅板及鋁材質，具防銹隔熱功能，兩戶相連的牆壁，特別做隔音效果，工程採用框組版（版牆）式構造系統（如圖四），區分為屋身、屋頂、基礎三部份。



圖三 慈濟大愛村永久屋透視圖

資料來源：理成集團子公司國際系統建材科技公司授權提供



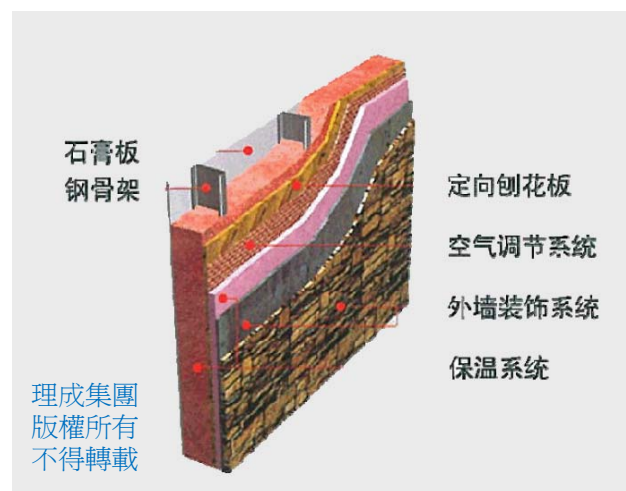
圖四 框組版（壁）式構造系統之組構示意圖

資料來源：內政部營建署，《冷軋型鋼構造建築物施工規範》，2007年，頁C-5。

一、屋身部位可分為牆體與樓板

（一）牆體

牆體之功能除支承其自重外並可承受垂直載重或承受水平載重或兩者兼具。牆體之構成由框組架、覆材層與表面層組構而成，結構牆體，則上承樓板格柵樑或屋頂桁架，下接基礎牆或與框組樓板垂直連接（如圖五）。

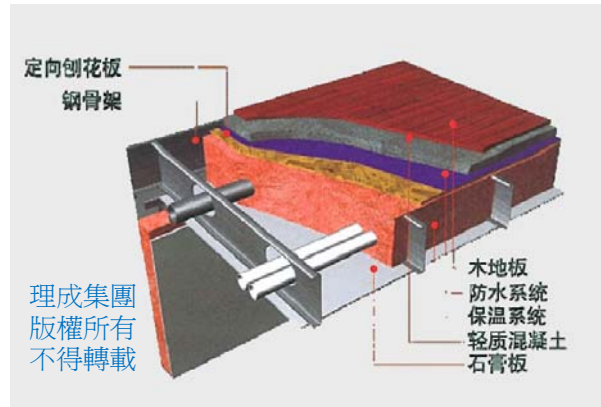


圖五 牆體剖面圖

資料來源：理成集團理成工業股份有限公司授權提供

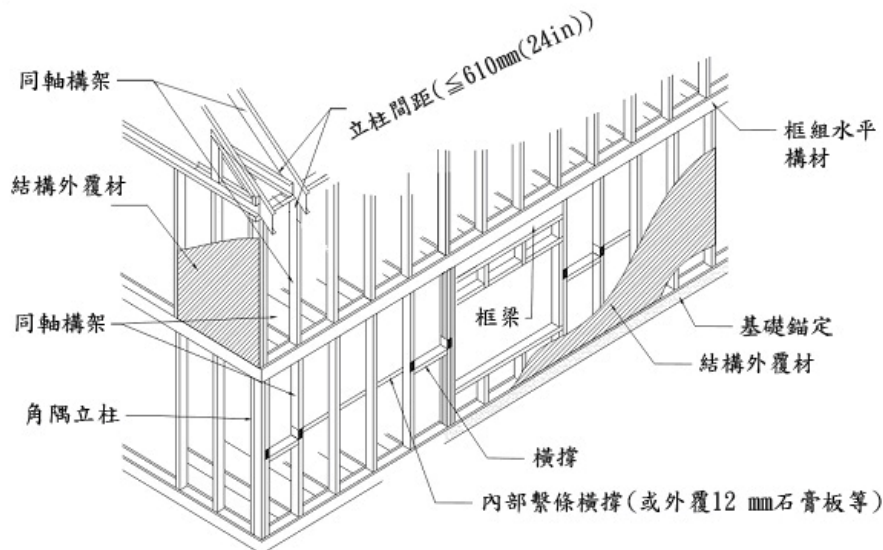
（二）樓板

在框組板式系統中樓板是結構體中重要的水平構件，功能為傳遞垂直載重與維持樓板水平勁度。除結構功能外，樓板尚須符合隔音、防振、耐久、防災、觸感等基本性能。樓板由：樓板框組(floor framing)、樓板底材(sub floor)與完成面材(finished flooring)三部分組構而成，至完成面材裝修部分則涉及主觀之舒適美觀成本（如圖六—八）。



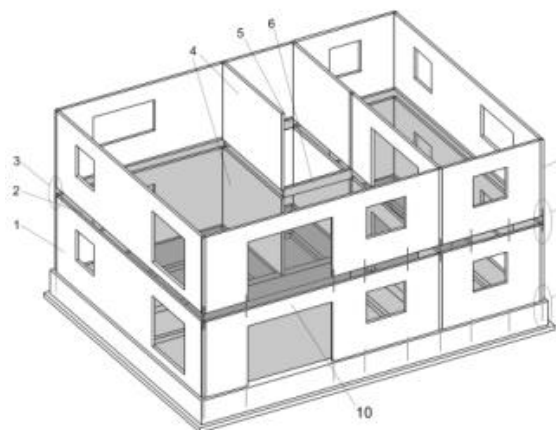
圖六 樓板剖面圖

資料來源：理成集團理成工業股份有限公司授權提供



圖七 框組版(壁)式牆體構造示意圖

資料來源：內政部營建署，《冷軋型鋼構造建築物施工規範》，2007年，頁6-4。



1. 剪力牆 (shear wall)
2. 樓板圍樑
3. 拉繫鐵件 (hold-down)
4. 內部剪力牆 (shear wall)
5. 繫樑 (drag strut)
6. 封頭樑 (header)
7. 轉角柱
8. 拉繫鐵件 (hold-down)
9. 錨定鐵件 (anchor)
10. 楣樑 (header)

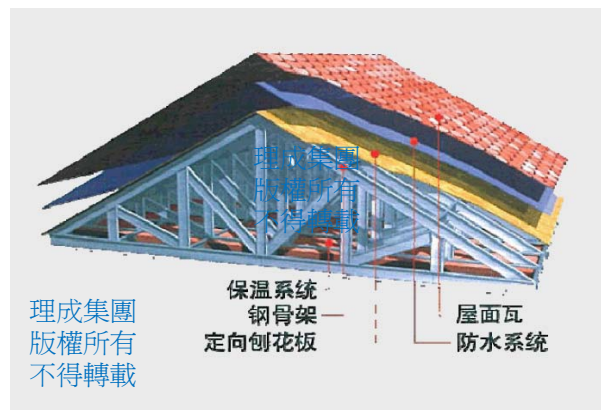
圖八 框組版式支架體構件組成圖

資料來源：劉宇傑，《輕型鋼構住宅構工法初步研究》（台南：成功大學碩士論文，2002年），頁2-18。



二、屋頂部位

閣樓形成屋架作為熱屏障，以保持室內涼爽。玻璃棉可放置在底部桁架（天花板級別）增加隔音隔熱，包含有保溫系統層、鋼骨架、防水系統層、屋面瓦（如圖九）。

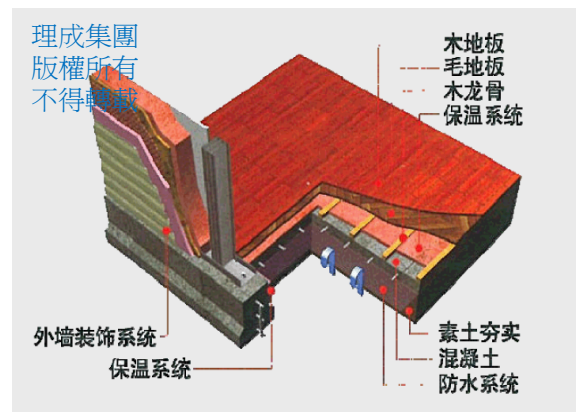


圖九 屋頂剖面圖

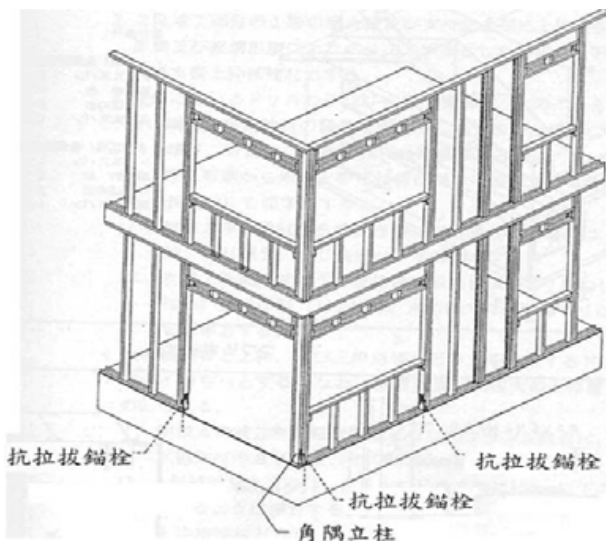
資料來源：理成集團理成工業股份有限公司授權提供

三、基礎部位

超輕鋼構建築的基礎施工較簡便但仍較穩固，因此成本上較便宜且更容易建造。防水卷材層是在隔絕水分進入屋內，包含有防水系統層、沙土夯實層、混凝土層、保溫系統、角木（木結構）、毛地板、木地板（如圖十一十四）。



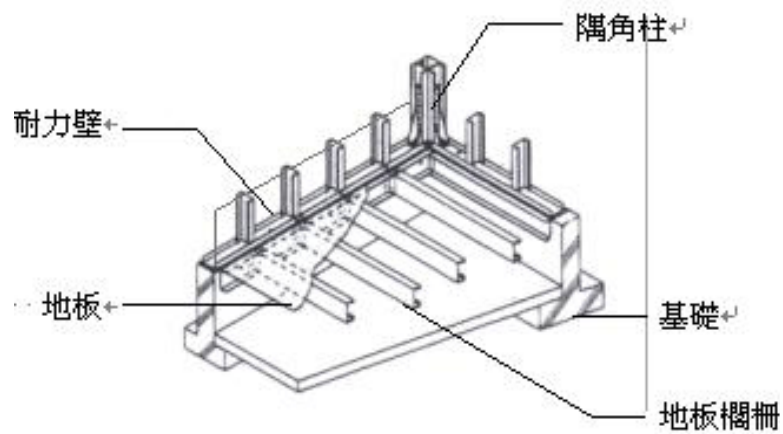
圖十 樓板剖面
資料來源：理成集團理成工業股份有限公司授權提供



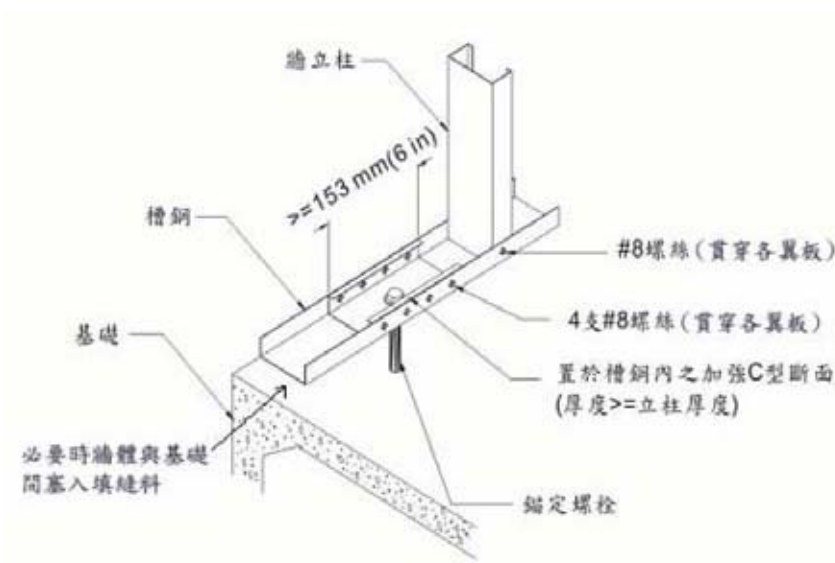
1. 建築物角隅部兩端或挑出開口部的兩側應配置抗拉拔錨栓。
2. 在開口部的抗拉拔錨栓，其架設位置應介於上下水平框組的垂直立柱側，而非開口側。
3. 左圖示抗拉拔錨栓位置是為辨識而置於開口支撐立柱側。

圖十一 抗拉拔錨栓配置

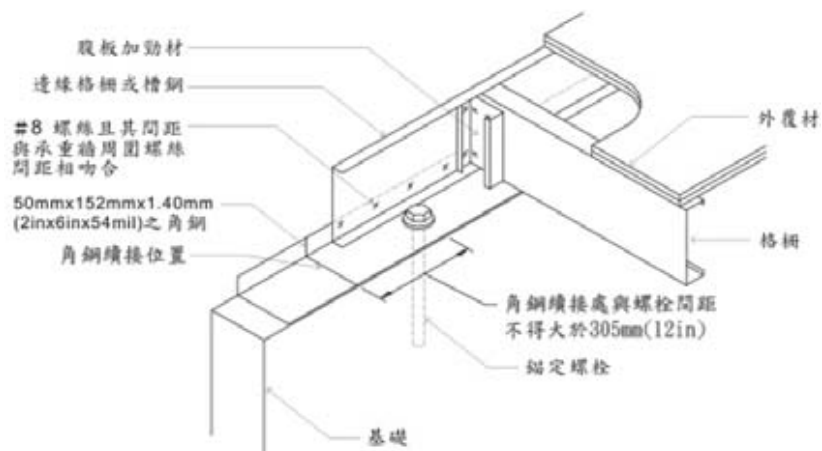
資料來源：內政部營建署，《冷軋型鋼構造建築物施工規範》，2007年，頁6-19。



圖十二 壁式框體與基礎之接合
資料來源：日本薄板輕量型鋼構造設計準則



圖十三 牆與基礎(或RC 樓板)之接合
資料來源：內政部營建署，《冷軋型鋼構造建築物施工規範》，2007年，頁6-17。



圖十四 位於牆線上之樓板與基礎接合
資料來源：內政部營建署，《冷軋型鋼構造建築物施工規範》，2007年，頁6-18。

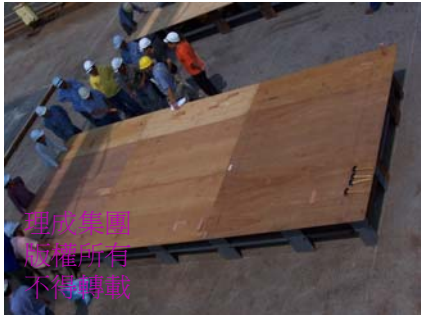
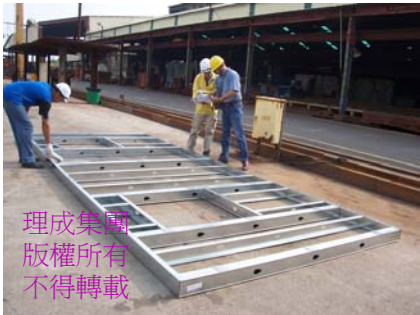
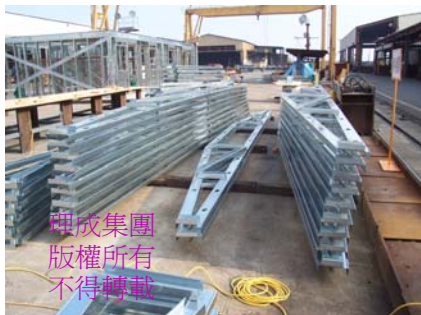
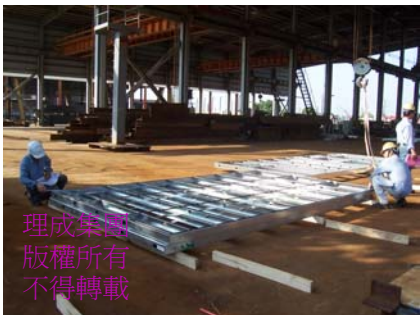
超輕鋼構建築組裝製程

框組版（壁）式構造之構架是由木結構演變而來，一般將木結構建築物的架構分為「平台式」與「輕型式」兩種構造。而版牆式構造通常使用「平台式」，主要優點是樓版系統與牆體分開組裝，牆體及隔間牆可在此平台或作業空間進行組合，由於牆體只有一層樓高，可輕易在工廠預組或現場樓版面組合，牆體可一次一層構築，無須使用重型吊裝設備。慈濟大愛村永久屋一幢二戶，屋身部份（牆體、樓版系統）於工廠預組、屋頂及基礎部份於工地現場施作及組合。

一、工廠預組

牆體分為18個模組及樓梯模組於工廠中由六個工班預組，每個工班依模組構件圖尺寸先行製作模台，並由品管人員按圖檢驗確認後，由工班將構材置於模台製作，每幢屋身模組（牆體、樓板與樓梯）平均約須195人時完成（如表四）。

表四 超輕鋼構構件工廠預組彙整表

工廠預組	一	 理成集團 版權所有 不得轉載 打樣製作模台	二	 理成集團 版權所有 不得轉載 模組組裝（一）
	三	 理成集團 版權所有 不得轉載 模組組裝（二）	四	 理成集團 版權所有 不得轉載 模組組裝（三）
	五	 理成集團 版權所有 不得轉載 模組組裝（四）	六	 理成集團 版權所有 不得轉載 模組組裝（五）

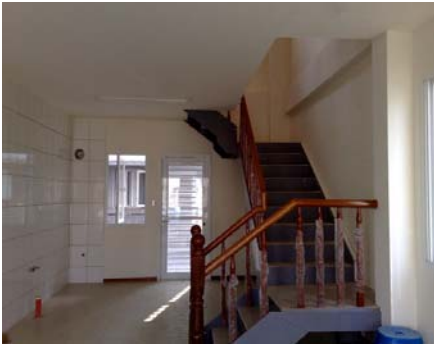
資料來源：理成集團理成工業股份有限公司授權提供

二、工地現場施作

工地現場依施工圖說灌製施作基礎，並先行埋設錨定螺栓結構牆體均須於此底層樓板面上經放樣、施作錨定後再垂直組立。於牆體下框組合槽鋼與樓板之間置入具絕緣性及耐久性填縫料，每幢模組工地組裝（不含基礎開挖、混凝土灌製及外牆粉光）平均約須640人時完成（如表五）。

表五 超輕鋼構構件工地現場施作彙整表

工地現場施作	一		二	
		地基土方回填		鋪設地坪
	三		四	
		超輕鋼構側面		超輕鋼構側面
	五		六	
		外牆定向刨花板施作		外牆藍色隔熱PS板施作
	七		八	
		外牆面水泥打底		外牆面粉光

	九		十	
		完工外觀		戶外植栽
	十一		十二	
		1樓房間配置		樓梯間
	十三		十四	
		樓梯間		2樓房間配置

資料來源：理成集團理成工業股份有限公司，羅本廣先生彙整提供

目前超輕鋼構造價偏高原因就材料成本高與施工成本高二方面來探討：在材料成本方面，因為市場普及性不足及產能需求不高下，材料之種類與造價一直難以解決。以輕鋼構特性中之施工快而論，在災後重建及工期需求下，當市場需求提高時另以模矩化及其他構法可共用材料下，輕鋼構之建材種類及成本將更趨合理，推動模矩觀念之配合、接合部位開放化、組裝程序標準化、組裝技術簡單化、接合構件量產化等手法，以促使輕鋼構住宅在國內之推展。

在降低施工成本下，簡化施工流程與現場施工量，及增加施工程序化與標準化，提高預組比例，避免使用焊接等施工精度需求高且查核困難等方式改以螺栓與接合組件之配合，並將現場組裝之施工輕量化，將可降低現場所需人力及管理

與提高施工性，可有效降低施工成本。

結 論

台灣為地震帶海島型氣候環境，常年受地震及各式災害。在災民安置及災後重建之前提下，具有安全及快速且耐震之超輕鋼構為適合災後重建建構之考量，由於其具有工期短、構材可直接回收轉用、擴建容易且安全、空間可變性高、吊裝機具簡單等特性，相當適合於緊急工程之需求，又鋼構為組合性構造，在空間可變性方面適合使用需求需改變之空間，且因採用螺栓接合，故無其他接合方式之二次應力的問題；室內空間之調整，亦有著乾式隔屏之簡易性與快速性；在吊裝機具方面，由於採用輕量化建材，其吊裝機具亦具有輕量化、機動化之特點，且較不受施工現場之影響。

然輕鋼構構法有安全、快速、轉用容易、擴建容易、空間可變性、組裝簡易等特點，且滿足迅速安置之需求。在降低工程造價、縮短工期、減少維護需求條件下，現行之超輕鋼構模式是較難達成此目標，唯有將構造、施工方式、接合方法、材料應用與設備配合等改以版牆式構造發展，將施工預組化比率提高，設備則採更具成長性之明管式（減少維護與滲漏、增加壁材性能）並研發更輕量高性能之配合建材及設備以供運用。

作者簡介

邢憶明備役中校，中正理工學院49期、工校軍事工程正規班10期、高雄第一科技大學營建工程系暨研究所碩士；曾任排長、副連長、所長、器材官、工程官、教參官、採購官；於2007年退伍，現任職於「理成工業股份有限公司」品管課。