

# 台灣鋼結構產業高值化發展方向分析

## The high value direction To develop of Taiwan steel structure industry

金屬中心 產業分析師 林偉凱

Wei-kai Lin industrial analyst MIRDC

### 一、產業現況分析

目前，全球先進國家鋼結構建築呈現出用途廣泛和用鋼量大的特點，鋼結構的優越性能已經從這些先進國家的實際應用中得到肯定。鋼結構廣泛應用於高層、超高層建築，大跨度和大空間建築，量大面廣的中小型工業、商業、社區、公共設施等建築，以及大部分的低層非居住型建築中。隨著國內產業外移及景氣的低迷，廠房建設減少，已使整個鋼結構市場需求比例發生變化。過去公共工程僅 20%採用鋼構及鋼骨鋼筋混凝土結構，其餘 80%仍採用鋼筋混凝土結構，房屋建物採鋼構者占核發建築使用執照之比例在過去十年平均值僅 5%左右。但在政府大力推展「綠建築」以及自 921 大地震後，民眾對鋼結構建築物開始重視，房屋建物採鋼構及鋼骨鋼筋混凝土結構已逐漸提高，然台灣鋼結構產業仍存在許多問題待解決，【表 1】列出目前廠商技術狀況或重點困難，並對未來開發之期待。

表 1 目前廠商技術狀況或重點困難及開發期待

項目	目前狀況	高值化方向
鋼材	<ul style="list-style-type: none"><li>鋼板成本約總成本之 50~80%，純利率僅 2~5%。</li><li>目前鋼結構常用鋼材板厚約 40~50mm<sup>t</sup>，銲接時熱輸入量若未有效控制，銲後結構件韌性常會下降；且未如日本普遍應用高耐震鋼板</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>取得之鋼板來源(如中鋼)成本能降低。</li><li>開發 80mm<sup>t</sup> 以上高銲後韌性、高耐震鋼板；如 SN490C 耐震超厚鋼板。</li><li>開發低降伏強度耐震鋼板；如 LYS225 鋼板。</li></ul>
銲材	<ul style="list-style-type: none"><li>目前國內絕大部份鋼結構工廠未聞或未應用高熔填率銲材，如 16mm<sup>t</sup> 鋼板，不開槽可 1 道熔透；國內亦尚無自產之高熔填率銲材。</li><li>目前鋼結構常用之 SAW 多為 2 極，銲接效率較差，其配套之銲材亦為 2 極用銲材；未來欲提升銲接效率，多極(4 極以上)SAW 銲接，勢必為發展之趨勢，國內目前尚無自產之 4 極 SAW 銲</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>開發 One Pass ,One side 高熔填率銲材；如 16mm<sup>t</sup> 鋼板，不開槽可 1 道熔透銲材。</li><li>開發 4 極以上 SAW 銲材</li></ul>

	材。	
銲接及切割製程	<ul style="list-style-type: none"> <li>廠內鋼結構製作成本約 12~25%；廠外吊裝等成本約 5~20%。</li> <li>目前鋼結構常用鋼材板厚約 40~50mm<sup>t</sup> SAW 多為 2 極~3 極)，熱輸入量約 86~133kJ/cm ESW/EGW 熱輸入量約 400kJ/cm；未來更厚板(如 80~100mm<sup>t</sup>)或以上時，高銲後韌性鋼板、高熔填料銲材及適正銲接製程，如何應用、開發及配套。</li> <li>各廠大都以火焰切割(LPG+O<sub>2</sub>)鋼板為主，切割/開槽速率(25mm<sup>t</sup>，450mm/min)及品質(切面之毛邊及熔鋼嚴重)尚待提升。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>朝高效率化、高質化、高值化、低成本化銲接及切割製程開發。</li> <li>開發 4 極或以上 SAW 製程，熱輸入量達 176kJ/cm 以上。</li> <li>開發高熱輸入量&gt;400kJ/cm ESW/EGW 製程。</li> <li>高速率(25mm<sup>t</sup>，&gt;550mm/min)、高品質(光滑、平整)切面之切割/開槽製程開發。</li> <li>針對各類型材料鋼結構、如新近開發之 SN490、SM570 等鋼材之銲接製程及性能資料庫。</li> </ul>
項次	目前狀況或困難	開發期待
耐震設計	<ul style="list-style-type: none"> <li>目前國內鋼結構工廠，對鋼結構耐震設計原理及技術，仍尚陌生，僅有小部份學術及法人研究單位，如台科大、國家地震中心，有進行深入之研究及應用開發。</li> <li>鋼結構銲接接頭(樑柱接頭)設計與銲接製程參數對耐震性能之影響及基本原理未明；曾有國內鋼結構大廠，其鋼結構樑柱接頭進行耐震試驗，部份未符合耐品質，而不知其所由。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>開發極高强度鋼耐震設計技術</li> <li>開發低降伏强度鋼板剪力牆耐震設計技術</li> <li>系統性之高耐震性能鋼結構之優化銲接製程研析技術，其研究範籌可涵蓋母材、銲材、銲接接頭(樑柱接頭)設計或銲接製程參數，對構件耐震性能之基理及影響。</li> <li>耐震組件(BHB)之新設計及製作。</li> </ul>
塗層技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>傳統應用於鋼結構之塗料，必須塗裝 4h 後才能乾固搬運，影響施工及運輸效率。</li> <li>傳統塗料一次僅能噴塗 150 μm，施工作業較為緩慢。</li> <li>傳統塗料噴塗時，主劑與硬化劑須預先混合，常造成殘</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>開發鋼構用環保型、固化速率高、高噴塗厚度、易混合施工及高盛載容量之塗料。</li> </ul>

	<p>漆之浪費。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 傳統塗料防沉性較差，一桶最多盛載 5G 容量。</li> </ul>	
其他	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 鋼結構建築比 RC 建築建造成本高 20~30%，且一般在 15 層以上之大樓，方考量應用鋼結構，低矮房子未應用鋼結構，且未建立標準化，是目前鋼結構未能全面普及化之障礙(目前國內 RC 建築/鋼結構建築比約為 5：1；RC 橋/鋼橋約為 9：1)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 推動低矮房子應用鋼結構之普及化及標準化、從而促進 鋼結構產製自動化。</li> </ul>
其他	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 鋼結構廠內零組件物流仍以傳統人工結合電腦存儲方式處理，其效率及誤差率較高</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RFID 系統應評估，用於鋼結構產業物流之可行性</li> </ul>

目前國內鋼結構廠商仍未作系統性而深入探研樑柱接頭設計、銲接製程參數與耐震性能之相互關聯性，其破壞基本原因常無法證明；值得未來在研盟之研究項目，投入探研，並同時考量應用 SN490C 耐震超厚鋼及 LYS225 低降伏強度鋼，進行研發，預期對產業界耐震結構之發展上，提出極其正面之貢獻。

圖 1 則為歷年不同建材於日本樓房建築面積比較圖，從圖中得見鋼結構與木造建築者相當，所佔約各 40%；純混凝土磚造者甚少，Mixed 結構約佔 20%，顯示日本鋼結構建築十分普及；台灣在鋼結構應用發展及普及上，仍落後同為地震帶之先進國度日本甚多，目前起步雖略慢，但只要方向對；有心投入；戮力從前，最後總會開花結果；他山之石，可以攻錯；建築結構鋼構化，應為未來台灣發展正確之大方向。

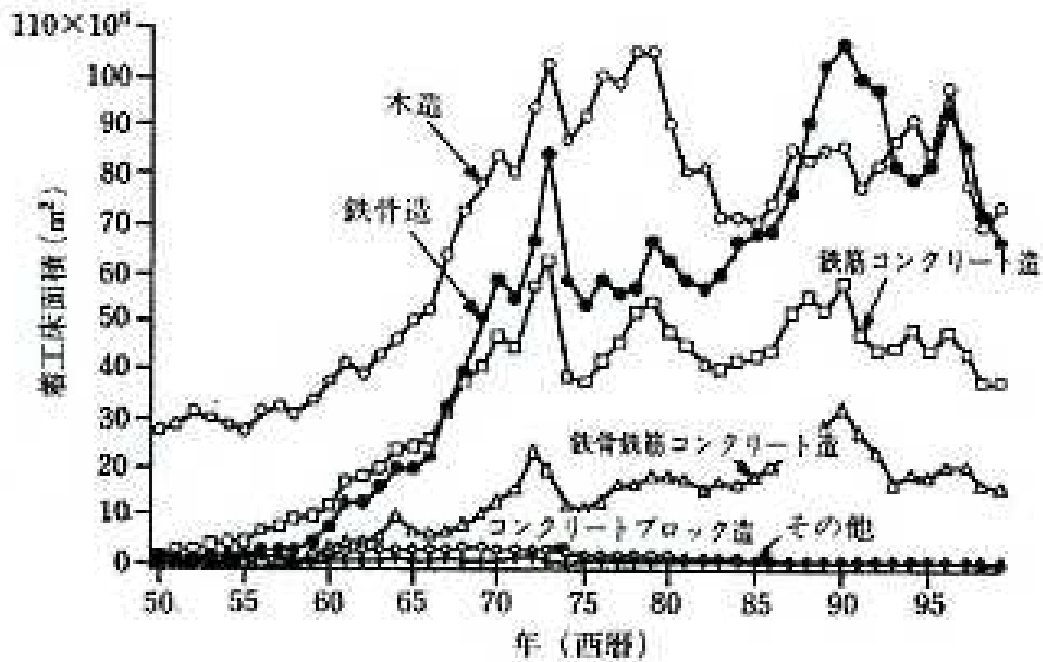


圖 1 歷年不同建材於日本樓房建築面積比較圖

資料來源：鋼結構の性能と設計

## 二、國外先進技術之發展現狀

### 1. 日本超高層樓用高 HAZ 韌性 TMCP 鋼板之說明

【表 2a】為日本超高層樓用高 HAZ 韌性 TMCP 鋼板特性，【表 2b】為上表所用鋼材 KCLA325&SA440 之機械性能特性，【表 2c】則為上述鋼板之 SAW 及 ESW 銲接條件，顯示日本於超高層樓用之 TMCP 鋼材，如 KCLA325、SA440 鋼板，其有十分優良之機械性能，高抗拉強度(551~630Mpa)、適切之降伏強度(399~485Mpa)，低降伏比( $YR > 72.4 \sim 76.3\% < 80\%$ )，高延伸性(32~34%)，高耐衝擊性  $\sqrt{E_0}^{\circ C} = 294 \sim 390J$ ；並可配以高熱輸入量銲接製程(60mm<sup>t</sup>，SAW，1Pass，熱輸入量達 54~56kJ/mm，ESW，1Pass，熱輸入量達 97~99kJ/mm)。

表 2a 日本超高層樓用高 HAZ 韌性 TMCP 鋼板特性

鋼種	材料	T(mm)	化學成份(%)							
			C	Si	Mn	P	S	其他	Ceq	Pcm
KCL A325	Develeped	60	0.07	0.15	1.35	0.007	0.002	Cu , Ni , Ti , B	0.32	0.17
		80	0.07	0.15	1.54	0.007	0.002	Cu , Ni , Ti , B	0.35	0.18
	Conventional	-	0.14	0.25	1.25	0.007	0.01	Nb , Ti	0.36	0.21
	Specification	>50	≤0.20	≤0.55	≤1.60	≤0.035	≤0.035	---	≤0.40	≤0.26
SA440	Develeped	60	0.03	0.09	1.44	0.007	0.002	Cu , Ni , Ti , Cr , B	0.44	0.21
		100	0.03	0.11	1.44	0.006	0.003	Cu , Ni , Ti , Cr , B	0.44	0.21
	Conventional		0.12	0.24	1.44	0.007	0.001	Cu , Ni , Mo , V , B	0.42	0.23
	Specification	>40	≤0.18	≤0.55	≤1.60	≤0.002	≤0.008	---	≤0.47	≤0.30

$$C_{eq} = C + Si/24 + Mn/6 + Ni/40 + Cr/5 + Mo/4 + V/14 (\%)$$

$$P_{cm} = C + Si/30 + Mn/20 + Cu/20 + Ni/60 + Cr/20 + Mo/15 + V/10 + 5B (\%)$$

\* R&D Kobe Steel Engineering Reports/Vol.54 No.2 (Aug.2004)

表 2b KCL A325&SA440 之機械性能特性

Grade	t(mm)	TS(Mpa)	YS(Mpa)	YR (%)	EL.	$v_{E_{0C}}$ (J)
KCL A325	60	551	399	72.4	34	390
"	80	557	408	73.2	34	321
"	Spec.	490-610	325-445	≤ 80	≥ 23	≥ 27
SA440	60	636	485	76.3	32	313
"	100	625	461	73.8	32	294
"	Spec.	590-740	440-540	≤ 80	≥ 23	≥ 47

表 2c KCL A325&SA440 之鐸接條件

Welding method	Grade	Thickness (mm)	Welding consumable	Pass Number	Heat input (kJ/mm)
SAW	KCL A325	60	Wire: US-55ST Flux: PFI-55ST	1	56
	SA440		Wire: US-60ST Flux: PFI-60ST		54
ESW	KCL A325 (Skin plate) × KCL A325 (Diaphragm)		Wire: US-55ST	1	97
	SA440 (Skin plate) × KCL A325 (Diaphragm)		Wire: US-60ST		99

## 2. 高熔填率鐸材之應用現況

目前德國、日本等先進國家已開發出高熔填率鐸材，並向市場推展應用，如德國 Drahtzug Stein 公司發展出 FMI(Flux Cored Micro Injection Filler)，其化學元素含

量如下：

H <5 ml/100g

N <80ppm

O 250~450ppm

Ti 200~400ppm

B 20~40ppm

可應用於 SAW 製程，具有高熔透率，可 1 道鐸透 15mm<sup>t</sup> 不用開槽之鋼板。高熔填率鐸材可應用於 4 極 SAW 鐸接製程(管件鐸接)如【圖 2】



圖 2 高熔填率鐸材可應用於 4 極 SAW 鐸接製程(管件鐸接)

資料來源：Drahtzug Stein Message，附註：國內尚未有應用 4 極 SAW 於鋼結構產業

### 3 • Tandem & 2 Wires MAG 鐸接製程之應用現況

德國已發展 Tandem & 2 Wire MAG 鐸接系統可應用於鋁合金、不銹鋼、碳鋼等結構製品，就 20mm<sup>t</sup> 鋼板言，其鐸接速率是傳統 MAG 鐸接速率之 2.67 倍，如【圖 3】所示。



圖 3 Tandem & 2 Wires MAG (是傳統單槍 MAG 鐸接速率之 2.67 倍 20mmt 鋼板)  
資料來源: Cloos Co., Message

#### 4. 日本機械人自動鐸接於鋼結構之應用現況

由於日本鋼結構之應用十分普及，故其鋼結構之製造已標準化、大量產製及自動化，應用機械人自動鐸接於鋼結構已然成熟；國內尚無鋼結構工廠應用機械人自動鐸接製程於其其組件製造者，如【圖 4】所示。

#### 5. 高速機械式開槽及切割設備之應用現況

國內目前絕大部份鋼結構工廠應用火焰切割方法作鋼板之開槽或切割，其切割面通常要熔鋼及凹凸不平整之現象，今已有廠商開始切入應用高速機械式開槽及切割設備，其切割速率是傳統火焰切割之 5 倍。



圖 4 日本機械人自動鐸接於鋼結構之應用實況  
資料來源: Cloos Co., Message

R&D Kobe Steel Engineering Reports/Vol.54 No.2

#### 6. 電漿切割製程現況

先進國家如日本、瑞典等國家，在電漿切割製程應用於鋼板已然成熟，而國內鋼結構廠鮮少應用電漿切割製程於其產品之製作。

【圖 5】為日本應用電漿切割於 SS400 鋼板之切割參數關係圖，在 16~32mm<sup>t</sup> 之板厚範圍，電漿切割速率，約達 2750~1150mm/min，為同厚範圍者，LPG 切割製程之 6.1~2.9 倍。

【圖 6】則為瑞典 ESAB 公司相關之電漿切割圖檔資料，其切割面品質十分良好。

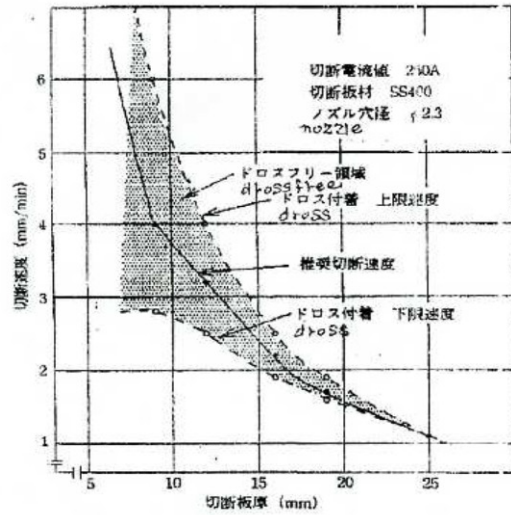
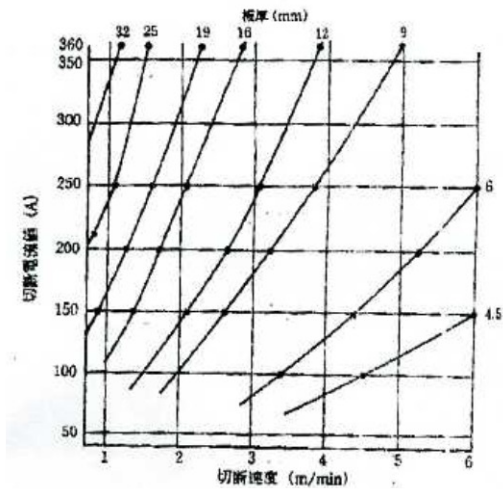


圖 5 SS400 鋼板電漿切割之板厚、切割速率、電流之相應關係圖  
16~32mm<sup>t</sup>，切割速率約達 2750~1150mm/min；同厚範圍者，LPG 之 6.1~2.9 倍  
資料來源：小池工業 Data

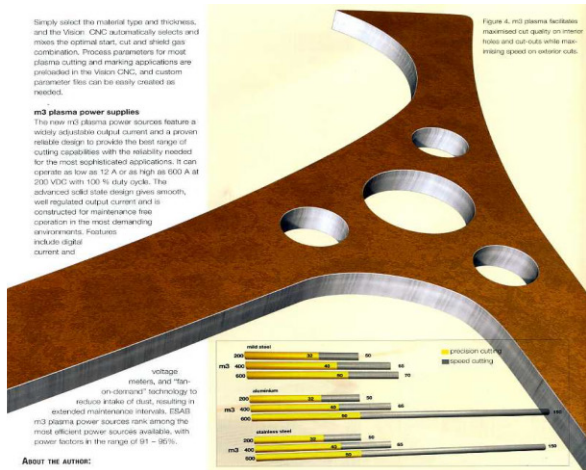


圖 6 Plasma Cutting 實作及切割後斷面外觀圖  
資料來源：The ESAB Welding & Cutting J. Vol.61 No.1



• 日本耐候鋼材於橋樑之應用狀況

日本已有應用耐候鋼材於陸上及水面上之橋樑應用經驗，歷 17 年無腐蝕之象(如【圖 7a】)，甚至使用 35 年，橋樑外觀仍屬良好(如【圖 7b】所示)，目前國內仍未見有耐候鋼材應用於橋樑之例，日本於此領域比國內領先達 40 年以上。

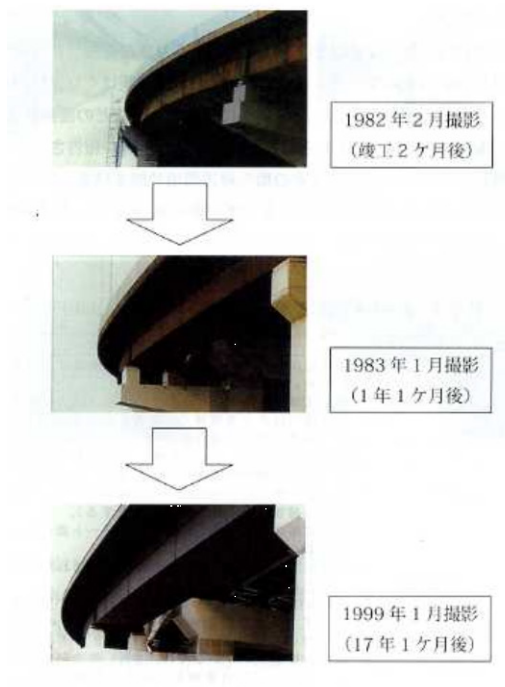


圖 7a 日本橋樑應用例 (經 17 年無腐蝕之象)

資料來源：鋼道路橋塗裝・防蝕便覽 Pg.Ⅲ-6~7



圖 7b 日本應用耐候鋼材料於鋼構橋樑，無塗裝使用 35 年

資料來源：鋼道路橋塗裝・防蝕便覽 Pg.Ⅲ-6~7

三、先進技術與國內鋼構產業目前應用技術之比較

【表 3】列出先進技術與國內鋼構產業目前應用技術之比較；為能細述計，亦就鋼材、鋸材、鋸接與切割製程、耐震設計及塗層技術等各部份彙整之

表 3 先進技術與目前應用技術之比較

項次	項目	目前應用技術(a)	先進技術(b)	差異分析
1.	母材及高熱輸入量性能	<ul style="list-style-type: none"> <li>目前最高僅用至 SM570M、MH(台北 101 金融大樓，板厚 80mm<sup>t</sup>)、SN490B、C 等級材料：一般常用 A572 Gr.50，板厚約 40、50mm<sup>t</sup></li> <li>ESW/EGW 熱輸入量約 400kJ/cm (101 大樓 660kJ/cm)SAW 熱輸入量 130kJ/cm(3 極)</li> <li>鋸件耐衝擊試驗基本要求 0℃、27J(101 大樓 SM570 試件(EGW 可達 -5℃、47.3~50.5J; SAW -5℃、50.4~100.5J)</li> <li>目前尚未應用 TMCP 材料</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>日本超高大樓已應用高 HAZ 韌性 TMPC 鋼板，e.g.KCL A325、SA440 材料。</li> <li>板厚達 60~100mm<sup>t</sup></li> <li>ESW 熱輸入量 970~990kJ/cm (One Pass)</li> <li>SAW 熱輸入量約 540~560kJ/cm (One Pass)</li> <li>鋸件耐衝擊性能： KCLA325： ESW 0℃ 90(W)~290(HAZ)J SAW 0℃ 100(W)~60(HAZ)J SA440： ESW 0℃ 125(W)~170(HAZ)J SAW 0℃ 95(W)~110(HAZ)J</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>板厚(b)/(a)=125~150%</li> <li>ESW 熱輸入量 (b)/(a)=150~247.5%</li> <li>SAW 熱輸入量 (b)/(a)=415.4~430.8%</li> <li>鋸件耐衝擊性能： 鋸件耐衝擊性能十分優異，是基本要求之：3.33~10.74 倍</li> </ul>
2a	高熔填料率鋸材	<ul style="list-style-type: none"> <li>目前國內並無產製高熔填料率鋸材，廠商普遍未應用或與聞之；方今絕大部廠商應傳統 SAW 鋸材鋸接鋼構組件 (e.g.Box)，16mm<sup>t</sup> 鋼板需鋸至少 3 道。</li> <li>(附：目前國內榮重公司，唯一有引用德製高熔填料率鋸材，初始試用，應用於嘉義太保橋，但頗貴約 200 元/kg)</li> <li>另外目前國內鋼構廠之 SAW 鋸接速率約 400~600mm/min</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>先進國家如德國、日本均創新應用高熔填料率鋸材，普及應用於造船及鋼構產業，16mm<sup>t</sup> 鋼板不用開槽，應用 SAW 可 1 道熔透。</li> <li>配套應用上述高熔填料率鋸材，SAW 鋸接速率可達 1050~1150mm/min</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>僅計單道鋸接速率 (b)/(a)=191.7~262.5%</li> <li>整體鋸接效率 (b)/(a)&gt;573~788%(尚未計入可減少開槽和第一道打底鋸接工時及成本，鋸接品質、鋸件韌性等之效益)。</li> </ul>
2b	多極鋸材	<ul style="list-style-type: none"> <li>目前絕大部鋼結構廠商仍應用雙極 SAW 鋸接製程及所需之鋸材，未有鋼構廠商應用 4 極 SAW 者，國內尚無 4 極鋸材自產銷售之。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>先進國家如德國、已有創新應用 4 極鋸材於鋼管之實例，鋸接速率</li> </ul>	
3.	高速率鋸接	<ul style="list-style-type: none"> <li>目前國內鋼構廠，大部份仍應用雙極 SAW 鋸接鋼構組件 (e.g.Box)，少數幾家如中鋼構、春源、世紀等有用三極 SAW 鋸接；80mm<sup>t</sup> 鋼板需鋸 18 道。</li> <li>目前國內鋼構廠鋸製鋼構組件時，大都用單線單槍 CO<sub>2</sub> 打底，並未應用 Tandem 鋸接系統；20mm<sup>t</sup> 鋼板單槍鋸接速率約 300mm/min。</li> <li>因鋼結構標準化遲未建立，目前未見國內鋼構廠應用 Robotic welding Systems</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>先進國家如德國，已有應用多極(e.g.四極、五極)SAW 鋸接，於造船、鋼構及鋼管產業；等厚鋼板，其鋸接道數自必低於三極 SAW 者；，預期 80mm<sup>t</sup> 鋼板僅需鋸 12~13 道</li> <li>先進國家如德國、日本均已率先應用 Tandem 鋸接系統於鋼結構及車輛產業，20mm<sup>t</sup> 鋼板 Tandem 雙槍鋸接速率可達 800mm/min。</li> <li>日本鋼結構標準化已然建立，其鋼構廠應用 Robotic welding Systems 自動化生產者甚為普</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>4 極較 3 極 SAW 鋸道減率：(b)/(a)=33~28%</li> <li>Tandem 與單槍鋸接速率比：(b)/(a)=267%</li> </ul>

及。

(續上頁)

項次	項目	目前應用技術(a)	先進技術(b)	差異分析
4.	高 速 率 切 割	<ul style="list-style-type: none"> <li>目前國內鋼構廠，大部份應用氣體(LPG+O<sub>2</sub>)切割方法切割鋼板，常殘留毛邊及有熔鋼之生成，並會其後之銲接品質，去除毛邊及熔鋼亦頗耗工時；一般板厚 16~32mm<sup>t</sup> 鋼板，以 LPG+O<sub>2</sub> 切割，其速率約 400~450mm/min。</li> <li>大部份工廠並無投入高速機械切割設備，偶有大廠如春源鋼鐵有投入之。</li> <li>電漿切割，目前國內鋼構廠幾乎無投入應用。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>高速機械切割，其切割速率可達 LPG+O<sub>2</sub> 切割之 5 倍，且切面精緻，品質良好，可切至 50mm<sup>t</sup>。</li> <li>台灣已有廠商產製電漿切割設備，如台灣電漿及盛全公司，技術及設備品質已晉至成熟優異；一般板厚 16~32mm<sup>t</sup> 鋼板，以電漿切割，其速率約 2750~1150mm/min。</li> <li>瑞典 ESAW 之電漿切割設備，亦十分精進，切割品質十分良好。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>高速機械切割速率比：(b)/(a)=500%</li> <li>電漿切割速率比(16~32mm<sup>t</sup>)：(b)/(a)=290~610%</li> </ul>
5.	鋼 結 構 耐 震 設 計 性 研究	<ul style="list-style-type: none"> <li>目前國內鋼結構工廠，對鋼結構耐震設計原理及技術，仍尚陌生，僅有小部份學術及法人研究單位，如台科大、國家地震中心，有進行深入之研究及應用開發。</li> <li>目前國內鋼構廠，因應付業主及忙於產製，已心疲力乏，幾乎無鋼構廠，有餘力針對鋼結構樑柱接頭耐震性進行系統性之研究</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>先進國度如日本，有對極高强度鋼耐震設計及低降伏强度鋼板剪力牆耐震設計等進行深入之研究。</li> <li>另外先進國度如日本、美國，已古早針對鋼結構接頭耐震性進行系統性之研究，建立完整之 Data Base、設計準則、規範、標準；進而促成龐大之鋼結構產業，帶動產製自動化、成本合理化；日本機械人工業之發展在全球居領先地位，信其與本產業之蓬勃發展，有所相關。</li> <li>日本於 1950 年即對鋼結構建築建立統計資料，而發展至 20 世紀末，鋼結構建築，已與木造房子建築分庭抗禮，各佔約 40%；而美國 AWS 銲接標準及 AISC 抗震試驗標準，為國際相關從業者所依循參考，亦可見一端。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>先進國度於鋼結構產業及技術，並其引伸發展之產業，整體性而言，國內相對落後於先進國度約 30~40 年。</li> </ul>

項次	項目	目前應用技術(a)	先進技術(b)	差異分析
6.	鋼國 用環 保型 快乾 彈性 塗料	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 目前應用於鋼結構之塗料，必須塗裝 4h 後才能乾固搬運，影響施工及運輸效率。</li> <li>• 目前塗料一次僅能噴塗 150 <math>\mu\text{m}</math>，施工作業較為緩慢。</li> <li>• 目前塗料噴塗時，主劑與硬化劑須預先混合，常造成殘漆之浪費。</li> <li>• 目前塗料防沉性較差，一桶最多盛載 5G 容量。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 先進塗料噴塗 30min 後即可進行搬運作業。</li> <li>• 先進塗料一次噴塗工厚度達 1,000 <math>\mu\text{m}</math></li> <li>• 先進塗料於施工時其主劑與硬化劑分開至噴槍處混合即可噴塗。</li> <li>• 先進塗料況沉性極佳，可以 50G 包裝。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 先進塗料較傳統塗料，可節省 8 倍之乾燥時間。</li> <li>• 先進塗料一次噴塗厚度為傳統塗料之 6.7 倍，等厚之塗層要求，先進塗料之噴塗施工效率較傳統塗料提高 570%。</li> <li>• 先進塗料較傳統塗料節省預混攪拌時間 20%。</li> <li>• 先進塗料之盛載容量為傳統者 10 倍，可省去傳統施工效率 20% 攪拌時間。</li> </ul>
7.	鋼鐵 摩擦 攪拌 銲接 (FSW) 技術 之開 發	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 目前國內金屬中心為 TWI 唯一授權之 FSW 銲接技術研究單位，對鋼鐵 FSW 銲接研究有初步摸索涉獵。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 目前國外已初步成功開發摩擦攪拌銲接點銲技術，並於鋼鐵材料上作啟步性之開發。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 目前先進國度摩擦攪拌銲接技術，於鋁合金開發及實務應用上十分成功，惟在鋼鐵材料上，仍在探尋開發。</li> </ul>
8.	耐候 鋼應 用	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 目前國內並無應用鋼構橋樑之應用實例。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 先進國度如日本，約 35 年前已有應用耐候鋼於水邊(河或海)橋樑之實用例子。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 國內就耐候鋼於橋樑之應用，相對落後於先進國度約 40 年。</li> </ul>

#### 四、產業未來高值化研發方向建議

依上述研析之結果，乃彙整鑑表出下列鋼構產業界發展需求之研發項目，如下【表 4】所列。

表 4 鋼結構產業升級研發建議

項目	子項目	目標及重點工作項目	技術指標/產品規範
1. 高功能結構用鋼開發	1. 耐震鋼板開發	1. SN490C 耐震超厚鋼板開發與結構性能驗證	技術指標: • 母材抗拉強度>50kg/cm <sup>2</sup> • 母材耐衝擊值: 0°C、>150J • 銲件耐衝擊值:-29°C、>27J 產品規格: • 鋼板厚度>80mm <sup>t</sup>
		2. LYS225 低降伏鋼材開發	技術指標: • 母材抗拉強度:30.6~40.8kg/mm <sup>2</sup> 降伏強度 23±2.0kg/mm <sup>2</sup> 伸長率>40% Y/T<80 • 母材耐衝擊值: 0°C、>180J • 銲件耐衝擊值:-29°C、>27J 產品規格 • 鋼板厚>50mm <sup>t</sup>

項目	子項	目標及重點工作項目	技術指標/產品規範
2.鋼結構銲接/切割效率提升	1.高效率銲接技術開發	1. 4 極潛弧銲接(SAW)技術開發	技術指標: • 鋼板厚度:80mm <sup>t</sup> , 4 極 SAW 銲接 • 熱輸入量:>160kJ/cm • 銲件耐衝擊值:0°C、>27J • 銲接速率提升:較 3 極 SAW >38.5% 產品規格: • 箱形柱(Box): 80mm <sup>t</sup> 銲道 13 道
		2. 4 極潛弧銲銲材開發	技術指標: 1.以 4 極潛弧銲接設備做 80mm 厚鋼板對接, ≤13 道銲道完成 2.銲道達 UT 或 RT 二級檢測標準 3.銲道機械強度: • 抗拉強度 49.0~ 67.0 kg/mm <sup>2</sup> • 降伏強度>40 kg/mm <sup>2</sup> • 延伸率 > 22% • 耐衝擊值:0°C、>27J 產品規格 • 符 AWSA5.17 F7A4-EM12K 標準 • Flux:仿 Lincoln Electric 860 銲藥, 鹼度達 (basicity) 1.09 +/- 0.1 • Wire: 仿廣泰 KW-3, 線徑 > 4.8mm <sup>Ø</sup> , 化學成份含 C~0.01-0.05(wt%)、Mn、Si、S、Cu 等
2.鋼結構銲接/	1.高效率銲接	3.Tandem MAG 銲接製程	技術指標:

切割效率提升	技術開發	技術應用開發	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 鋼板厚度&gt;20mmt</li> <li>• 銲接速率&gt;800mm/min</li> <li>• 較傳統單槍銲接速率提高 60%以上</li> <li>• 銲件耐衝擊值:0°C、&gt;27J</li> </ul> 產品規格: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 應用於長度&lt;15000mm、斷面積 700mm × 700mm ~ 1200mm × 1200mm、厚度&lt;50mmt 之箱型柱(Box)之一項</li> </ul>
	2. 高熔填率銲材開發	1. 應用 SAW 製程，可一道熔透 16mm <sup>t</sup> 不開槽鋼板之銲材	技術指標: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 16mm 不開槽鋼板一道熔透，銲道達 UT 或 RT 二級檢測標準</li> <li>2. 銲道機械強度：             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 抗拉強度 49.0~ 67.0 kg/mm<sup>2</sup></li> <li>• 降伏強度&gt;40 kg/mm<sup>2</sup></li> <li>• 延伸率 &gt; 22%</li> <li>• 耐衝擊值:0°C、&gt;27J</li> </ul> </li> </ol> 產品規格: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 包藥銲材:管厚 2~3 mm<sup>t</sup>、線徑 3~4mm<sup>Ø</sup>、芯藥直徑 1~2mm<sup>t</sup></li> <li>• 符合 AWS A5.17 F7A6-EC-G 或 EN S 46 4 FB T3 標準</li> </ul> Flux:鹼度 1.7 +/- 0.1 銲管:化學成份含 C 0.01-0.05 (wt%)、Mn、Si、S、P 等



2. 鋼結構銲接/ 切割效率提升	3. 高效率開槽/ 切割/技術應用開發	1. 高速率機械開槽/切割技術應用開發	<p>技術指標:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 鋼板厚度 25~50mm<sup>t</sup>, 開槽/切割速率&gt;1200mm/min, 切面光滑平整, 無毛邊及熔鋼現象</li> <li>• 開槽/切割速率較傳統 LPG+O<sub>2</sub> 製程&gt;200%</li> </ul> <p>產品規格:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 鋼板厚度 25~50mm<sup>t</sup>, 長度&lt;10000mm</li> </ul>
		2. 高質化無熔鋼/毛邊 LPG+O <sub>2</sub> 切割製程改善	<p>技術指標:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 鋼板厚度 25~50mm<sup>t</sup>, 開槽/切割速率&gt;600mm/min, 切面光滑平整, 無毛邊及熔鋼現象</li> <li>• 氣體流量、壓力切割製程參數數位化系統建立</li> </ul> <p>產品規格:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 鋼板厚度 25~50mm<sup>t</sup>, 長度&lt;10000mm</li> </ul>

2.鋼結構銲接/ 切割效率提 升	4.結構用鋼銲 接性能研究	1.SN490 鋼材 EGW/ESW 銲接性能研究	<p>技術指標:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• SN490 Box 內隔板厚&gt;50mm<sup>t</sup> , EGW/ESW 銲接;熱輸入量: --單極:&gt;600kJ/cm --雙極:&gt;800kJ/cm</li> <li>• 耐衝擊性能:-29°C、&gt;27J</li> </ul> <p>產品規格:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 應用於長度&lt;15000mm、斷面積 700mm × 700mm ~ 1200mm × 1200mm、厚度&lt;50mm<sup>t</sup> 之箱型柱(Box)之一項</li> </ul>
		2.樑柱接頭高效率銲接性 能研究	<p>技術指標:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 鋼材樑柱結構樑厚 25mm<sup>t</sup>、柱厚 25mm<sup>t</sup>、開發 Cu、Ceramic 或其他高階材質背襯板,應用 FCAW&amp;SMAW 製程,可根部 1 道成型全滲透銲接</li> <li>• 銲件耐衝擊值:0°C、&gt;27J</li> <li>• 銲接效率較傳統鋼鐵背襯板提高 40%;銲接成本降低 25%</li> </ul> <p>產品規格:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 樑厚 25mm<sup>t</sup>、柱厚 25mm<sup>t</sup></li> <li>• Flange: 25~50mm<sup>t</sup> 300~400mm<sup>l</sup></li> <li>• 背墊板: 9~15mm<sup>t</sup> 25~50mm<sup>w</sup> 300~450mm<sup>l</sup></li> </ul>

2.鋼結構銲接/ 切割效率提 升	4.結構用鋼銲 接性能研究	3.摩擦攪拌點銲於結構用 鋼可行性研究	技術指標: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 鋼材厚度&lt;6mmt</li> <li>• 攪拌頭設計:硬度&gt;HRC60、壽命 10000 點以上</li> <li>• 轉速&gt;1000RPM</li> <li>• 軸向負荷&gt;1000N</li> <li>• 單點銲接時間&lt;3sec</li> <li>• 銲件剪力負荷&gt;800N</li> </ul> 產品規格: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 加強板、樓梯等結構件 板厚 3~6mm<sup>t</sup> 長度 500~2000mm<sup>l</sup> 寬度 300~1000mm<sup>w</sup></li> </ul>
		4.結構用鋼銲接及切割手 冊編撰	技術指標: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 材料:SM570、A572、A709</li> <li>• 銲接製程: SAW、EGW、ESW、FCAW、 CO<sub>2</sub>、SMAW、 SW             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 系統性建立製程參數、修復 次數、性能及資料庫</li> </ul> </li> <li>• 編撰結構用鋼銲接(含切割)手冊</li> </ul>

<p>3.鋼結構功能性提升</p>	<p>1.鋼結構高值化塗層技術開發</p>	<p>1.鋼構用環保型快乾彈性PU塗料開發</p>	<p>技術指標:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 可噴塗一次施工達 1000<math>\mu</math>m 以上之 PU 膜厚不垂流</li> <li>• 施作一道 1000<math>\mu</math>m 塗層可耐鹽霧試驗 2000h</li> <li>• 新開發塗料施工時其主劑與硬化劑分開至噴槍處混合即可噴塗,較傳統塗料節省預混攪拌時間 20%</li> </ul> <p>產品規格:</p> <p>1000<math>\mu</math>m PU 塗膜規格</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 無溶劑型,固份 98-99%</li> <li>• pin hole (針孔)測試:4000V pass</li> <li>• 耐 磨 耗 性 :100mg 以下 (ASTM4060、CS-17/1kg/1000 轉)</li> <li>• 硬度:Shore D 55 (ASTM D2240)</li> <li>• 耐鹽霧性:2000h(ASTM B117)</li> <li>• 附著力強度:55kg/cm<sup>2</sup> (ASTM D4541)</li> <li>• 耐鹽霧性:2000h(ASTM B117): 2000 小時</li> <li>• 耐化學性: 耐 20%<math>H_2SO_4</math>1000h 耐 20%<math>NaOH</math>1000h 塗膜表面有變色但無影響塗膜性能</li> <li>• 伸長量:10%</li> </ul>
-------------------	-----------------------	---------------------------	--

<p>3.鋼結構功能性提升</p>	<p>2.鋼結構抗震性能設計技術開發</p>	<p>1.高強度鋼抗震結構設計技術開發與驗證</p> <p>2.低降伏強度鋼板剪力牆抗震設計技術開發</p>	<p>技術指標:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 樑柱接頭耐震設計，層間位移角 <math>\theta</math> (rad)&gt;4%</li> </ul> <p>產品規格:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• HT690+LYS225 異材耐震結構</li> </ul> <p>技術指標:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 剪力牆耐震設計，位移角 <math>\theta</math> (rad)&gt;4%</li> </ul> <p>產品規格:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• SN490B+LYS225 異材耐震結構</li> </ul>
-------------------	------------------------	--	---

## 五、結論

台灣周邊國家或地區 如中國大陸及日本，其政府十分重視其發展，隨着大陸經濟高速之發展，其在 2015 年預期建築鋼結構用鋼量達鋼材總產量之 6%，官方並要求沿海地區之城市，逐步禁用實心粘土磚。日本是一高度重視環保之國家，且位處地震頻仍之區域，鋼結構建築向來遠高於 SRC 建築，其歷史峯值，鋼結構年需求量，甚至高達 1229.9 萬公噸，台灣鋼結構產業仍屬艱苦之行業，其純利僅 2~5%，在今日建築法規仍不易更易之時刻，鋼結構產業界惟自立自強，結合上中下游產業及研究單位，從根本端投入研發和製程高效率及高值化方向發展，將可為鋼構界尋得一條生機。