

熱浸鍍鋅

趙焜堦題

2020/01

NO.68

<http://www.galtw.org.tw>



中華民國熱浸鍍鋅防蝕技術研究基金會
Galvanizers Foundation of R.O.C.

中華民國熱浸鍍鋅協會
Galvanizing Association of Taiwan

■ 鋼橋、廠房等鋼鐵結構物的最佳防蝕方法

創造熱浸鍍鋅文化 · 維護台灣有限資源





臺鍍科技股份有限公司

tg co., ltd.

防蝕專家 三重保證—品質、服務、創新



鹿港福興橋



桃園展演中心



台灣歷史博物館
光電雲牆



真理大學
體育館

鍍鋅爐尺寸

桃園廠：16m×1.8m×3.0m / 3.0m×0.7m×1.0m

高雄廠：12.5m×1.5m×2.3m

台南廠：4.5m×1.2m×1.8m / 3.7m×0.8m×1.2m

單件最大荷重能力→桃園廠：40噸 / 高雄廠：10噸

本公司榮獲 ISO 9001 品質認證專業熱浸鍍鋅廠商

熱浸鍍鋅特點：

- 耐腐蝕性強
- 經濟效益高
- 耐用年限長
- 省時又省力



總公司：台北市松山區南京東路三段287號5樓
Tel：02-25617665 Fax：02-27123686
網址：<http://www.tgnet.com.tw>
E-mail：tgpark@ms32.hinet.net

桃園廠：桃園市觀音區成功路二段919號
Tel：03-4837966 Fax：03-4837735
E-mail：tg.ky@msa.hinet.net

高雄廠：高雄市路竹區中山路259號
Tel：07-6973181 Fax：07-6966311
E-mail：tg01@ms24.hinet.net

台南廠：台南市山上區明和里北勢洲76號
Tel：06-5783702 Fax：06-5783550
E-mail：hyg@tgnet.com.tw

適用範圍：

鋼構橋梁、鋼構廠房、道路護欄板、
格柵板、路燈、標誌桿、螺栓、螺帽
、華司及其他鋼鐵配件。

INDEX

- 1 **第一單元** ▶ 活動公告
 - ◎ 第8屆第1次會員大會活動公告
- 2 **第二單元** ▶ 生產技術及防蝕技術專題：
 - ◎ 金門大橋混凝土構造物防蝕策略及鍍鋅鋼筋使用之介紹
 - ◎ 熱浸鍍鋅製程對功能性結構用鋼特性之影響
- 28 **第三單元** ▶ 工程實績介紹：
 - ◎ 台電和仁、和鐵~漢本161kV輸電線路#2
造型鐵塔鍍鋅專案
- 39 **第四單元** ▶ 本會認證熱浸鍍鋅廠合格廠商
熱浸鍍鋅加工建議價格表
- 40 **第五單元** ▶ 熱浸鍍鋅結構物設計要點
- 41 **第六單元** ▶ 中華民國熱浸鍍鋅協會簡介及
中華民國熱浸鍍鋅防蝕技術研究基金會簡介



台電和仁、和鐵~漢本161kV輸電線路#2
造型鐵塔鍍鋅專案

業 主：台灣電力股份有限公司
輸變電工程處北區施工處
承攬廠商：力鋼工業股份有限公司
(設計、製造、鍍鋅、
油漆、安裝)
協力廠商：祥復鋼鐵有限公司
鍍鋅廠商：尚輝工業股份有限公司、
臺鍍科技股份有限公司、
力鋼工業股份有限公司
鐵塔重量：240噸
地 點：宜蘭縣及花蓮縣交界
和平溪河床內

廣告索引

- 封底 ▶ 力鋼
- 封面裡 ▶ 臺鍍
- 封底裡 ▶ 慧鋼
- 4 2 頁 ▶ 鋼結構協會
- 4 3 頁 ▶ 現代營建雜誌社
- 4 4 頁 ▶ 前鋒日報社
- 4 5 頁 ▶ 亨欣
- 4 6 頁 ▶ 易宏
- 4 7 頁 ▶ 熱浸鍍鋅協會

鍍鋅雜誌滿意調查表



您的寶貴意見是我們將內容更完善的原動力！
(請掃描進入填寫，感謝您的支持！)

發行者 ■ 財團法人中華民國熱浸鍍鋅防蝕技術研究基金會
協辦單位 ■ 中華民國熱浸鍍鋅協會
發行人 ■ 魏豐義
社長 ■ 蕭勝彥
主編 ■ 黃勝俊
副主編 ■ 王和源
編輯委員 ■ 張六文、鄭錦榮、羅俊雄、陳鴻興、黃慶輝
何芳元、鄭明智、蔡明達
助理 ■ 賴淑娟
會址 ■ 80652高雄市前鎮區一心二路33號11樓B2室
電話 ■ (07)3320958~9
傳真 ■ (07)3320960
網址 ■ <http://www.galtw.org.tw>
電子信箱 ■ galvanat@ms63.hinet.net
印刷設計 ■ 達利金廣告設計有限公司 0939784123



第 8 屆第 1 次會員大會活動訊息公告

本會第 8 屆第 1 次會員大會謹訂於 109 年 4 月 17、18 日（星期五、六）假今埔里渡假大酒店（南投縣埔里鎮南興街 79 號）舉行，會中將邀請專家學者作專題演說，並印製會員大會專刊供與會者、本會會員及相關單位參考，敬請踴躍報名參加。

- （一） 舉辦日期：109 年 4 月 17、18 日（星期五、六）
- （二） 舉辦地點：今埔里渡假大酒店（南投縣埔里鎮南興街 79 號）
- （三） 預定會程：

日期	時間	內容
4 月 17 日 (五)	14:30~15:00	會員報到、摸彩券(摸彩箱)、領取選票(投票箱)，辦理進房登記
	15:00	大會開始
	15:00~15:15	理事長致詞
	15:15~15:30	貴賓致詞
	15:30~16:30	會務報告、提案討論、臨時動議
	16:30~16:40	點心時間
	16:40~17:30	專題演講
	17:30~17:40	休息
	17:40~18:30	公布選舉結果並召開第 8 屆第 1 次理監事聯席會議（新舊任理事長交接）
4 月 18 日 (六)	18:30~21:00	年會晚會及摸彩
	07:00~09:00	早餐及自由活動
	09:00~12:00	旅遊活動：青青草原、小瑞士花園、玻璃橋
	12:00~14:30	午餐
	14:30	歸賦

金門大橋混凝土構造物防蝕策略及鍍鋅鋼筋使用之介紹

INTRODUCTION OF ANTI-CORROSION STRATEGY AND GALVANIZED REBAR USED IN KINMEN BRIDGE PROJECT

陳明谷¹

¹ 台灣世曦工程顧問股份有限公司 第二結構部經理

摘要

金門大橋跨越金門海道，銜接大、小金門島，橋梁全長 4.77 公里，為台灣首座大規模之跨海橋梁，金門大橋依配置區域分為主橋段、邊橋段與引橋段，皆採預力混凝土箱型梁橋，其中主橋段主要跨越通航航道及深槽區，採 5 橋塔 6 跨連續、主跨徑 200 公尺之預力混凝土脊背橋。考量本工程為跨海橋梁，海水、海風等外在條件易對混凝土構造物造成侵蝕危害，為提昇橋梁耐久性，於規劃設計階段配合工址環境調查以了解工址腐蝕條件，並收集國內外鋼筋混凝土防蝕對策研究與工法評估，研擬本工程防蝕目標及策略，亦擬訂監測計畫，配合施工階段、完工階段之構件初始值量測及長期材料腐蝕試驗與橋墩腐蝕監測，用以進行金門大橋所使用混凝土之相關材料特性探討，期望所獲致之性質回饋提供橋梁管理單位進行未來橋梁維護與監測參考之用。

關鍵字：脊背橋，跨海大橋，防蝕，監測

一、工程概述

金門位於台灣的西北方，臨近大陸廈門地區距離台灣約 250 公里，如圖 1(a) 金門位置圖，金門大橋連接烈嶼鄉（小金門）與大金門，路線全長約 5.414 公里，如圖 1(b) 金門大橋工程範圍示意圖。橋梁完成後可提供大小金門間全天候後之交通服務，並提昇大小金門的觀光效益。

金門大橋工程橋梁段長度 4,770 公尺，可區分為主橋、邊橋及引橋三



圖 1(a)、金門位置圖示意圖

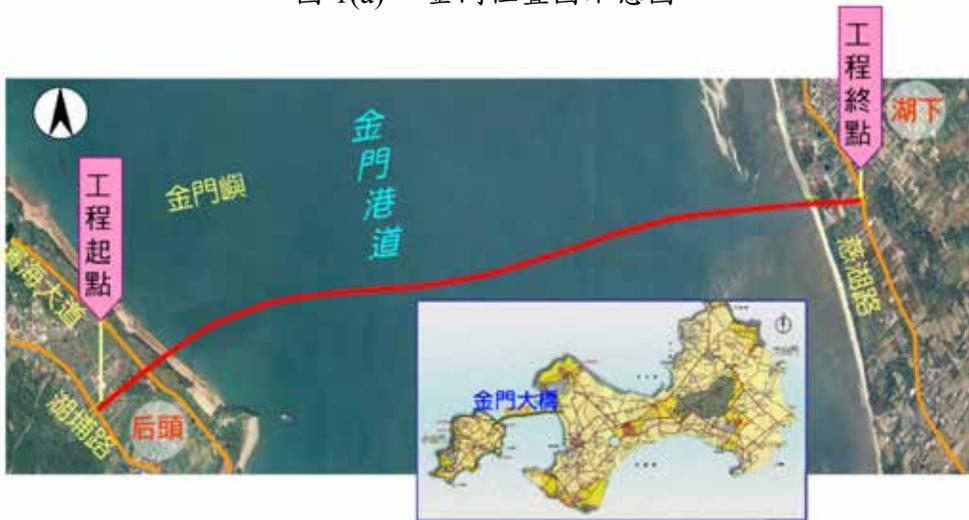


圖 1(b)、工程範圍示意圖

區段。主橋為 6 跨連續脊背橋，橋跨配置為 $125+4@200+125=1,050$ 公尺，上部結構型式為預力混凝土箱型梁；銜接主橋兩端之邊橋為 3 跨連續預力混凝土箱型梁懸臂工法橋，各 1 單元，橋跨配置為 $110+150+100=360$ 公尺，其餘部分則為引橋，共計 13 單元，亦為預力混凝土箱型梁橋採支撐先進工法施工，跨徑配置有 $30+3@50+45=225$ 公尺、 $45+4@50=245$ 公尺、 $45+3@50=195$ 公尺、 $2@45+3@50=240$ 公尺及 $45+2@50=145$ 公尺等 5 種，橋梁配置詳如圖 2 所示。主橋橋塔及各橋段之下部結構橋墩為場鑄鋼筋混

凝土構造。基礎型式為 150 公分、200 公分與 250 公分直徑之全套管基樁。基礎板高程設計原則為位於深槽區之主橋及邊橋退潮時露出基礎板但不露出基樁；引橋則於退潮時基礎板及基樁皆不露出。

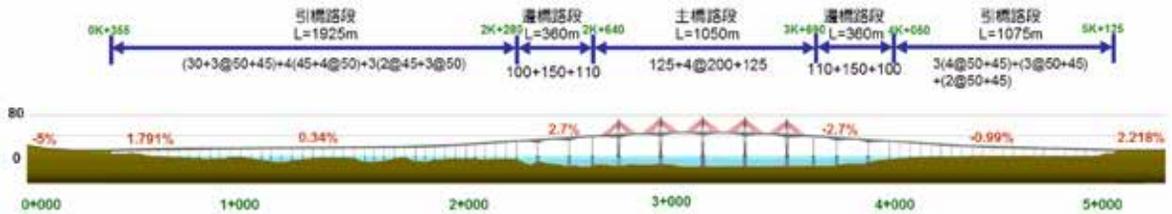


圖 2、金門大橋全橋配置圖

二、工址水文、氣象及海象條件

橋梁腐蝕因子之一為水及鹽份(氯鹽、硫酸鹽等)，因此工址之環境濕度、降雨量、水質等氣象條件對橋梁腐蝕會有間接影響。茲將工址附近之相關資料彙整如下：

(一) 氣象

金門地區四面環海，屬亞熱帶海洋性氣候，受到緯度地理形勢及季風等氣候影響，四季分明，有關金門地區之氣象概況係參考金門縣農業試驗所民國 43～96 年之統計結果，詳如表 1 所示。

(二) 海象

1. 潮汐

金門地區潮汐以半日潮為主，海軍海洋測量局為瞭解金門地區潮位變化情形，曾於料羅港設置驗潮站，茲依據海軍海洋測量局民國 75 年 12 月至 80 年 10 月所進行之潮位觀測資料進行統計分析，各種潮位資料如表 2 所列：

2. 波浪

(1) 季風波浪

根據「金門水頭商港碼頭後續規劃」，金門地區季風期間以冬季波浪較為強烈，另依金門縣政府提供料羅港之波浪資

表 1、金門地區各項氣象要素統計表 (1954-2007)

項目 \ 月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均 / 總計
平均氣溫 (°C)	12.9	13	15	19.1	23.1	26.1	28.2	28.2	26.8	23.5	19.6	15.5	20.9
平均最高氣溫 (°C)	16.4	16.5	18.9	23	26	29.4	31.9	31.9	30.6	27.5	23.6	19.5	24.6
平均最低氣溫 (°C)	10	10.1	12.2	16.2	20.6	23.9	25.8	25.7	24.3	20.8	16.7	12.5	18.2
降雨量 (mm)	34.5	63.5	92.5	118.5	143.8	159	127.6	146.3	114.4	35.8	25.5	22.9	1084.3
降雨日數 (日)	5.4	7.8	10.0	9.6	11.4	10.5	6.5	7	5.9	2.5	3.2	3.2	83
平均相對濕度 (%)	74.1	77.2	79.9	83.6	83	83.8	81.8	80.3	79.7	73.4	72.6	73.8	78.6
蒸發量 (mm)	93.1	81.2	103.6	120	138.3	151.4	187.7	184.4	172.8	164.7	128	106.9	1632.1
日照時數 (時)	123.9	96.3	95	111.4	137.7	180.8	247.1	225.4	187.8	186.9	149.7	149.4	1891.4
最多風向	NNE	NNE	NE	NE	NNE	SW	SW	SSW	NNE	NE	NNE	NNE	NNE
平均風速 (m/sec)	4.3	4.2	3.8	3.3	3.2	3.3	3	3	3.8	4.6	4.6	4.4	3.8
有霧日數 (日)	2.7	3.3	6.4	7.6	5.1	1.2	0.4	0.2	0.2	0.2	0.8	2.5	30.6
有霜日數 (日)	1.9	1.7	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	3.8

資料來源：金門農業試驗所，2008

表 2、潮位資料表

最高潮位	H.H.W.L.	E.L. +3.16m
大潮平均高潮位	H.W.O.S.T.	E.L. +2.24m
平均高潮位	M.H.W.L.	E.L. +1.83m
平均潮位	M.W.L.	E.L. +0.00m
平均低潮位	M.L.W.L.	E.L. -1.76m
大潮平均低潮位	L.W.O.S.T.	E.L. -2.25m
最低潮位	L.L.W.L.	E.L. -3.14m

料，每年 10 月至翌年 2 月之波浪受冬季季風影響，發生波高大於 1.5m 之波浪，約佔 40～60%。夏季時，以 6 月份之波浪最小，波高小於 1.5m 之波浪，約佔 87%；而 8 月份之波浪發生波高大於 3.6m 以上約佔 5%。大、小金門間的海域受到岬角地形遮蔽及廈門灣環繞影響，夏季波浪均不高，而冬季波浪波向多以北北東方向居多。

另外，由「金門港水頭港區民國 95～100 年環境監測工作」，蒐集金門縣港務處民國 95 年 8 月～民國 96 年 4 月於水頭港區外海之波浪監測資料，依統計分析資料顯示全年季風發生超越機率 90% 之波高約為 0.63m、週期約為 8.3sec；夏季季風期間(6～8 月)波高為 0.91m，週期為 6.0sec；冬季季風期間(9 月～翌年 5 月)波高為 0.55m，週期為 8.3sec。

(2) 颱風波浪

為了解計畫區受颱風波浪影響之狀況，本計畫以井島武士及湯麟武博士之理論重新推算計畫區之颱風波浪。茲選擇以通



圖 3、颱風波浪推算目標點位置示意圖

過 (118.28° E、24.28° N 為中心，詳如圖 3)，於南北、東西各兩個經緯度的範圍內，根據 1940 ~ 2008 年間颱風中心氣壓小於或等於 970mb 之颱風資料，篩選出 83 個對本計畫區影響較大者，進行颱風波浪推算，並將各方向可能發生之最大示性波高，以極端值分佈法推算各迴歸期之波浪，如表 3 所示。

三、工址腐蝕條件調查

為瞭解工址之腐蝕條件概況，本計畫特別辦理工址地下水質與大氣腐蝕因子採樣分析檢驗及空氣品質逐時監測作業。本工程工址處之空氣、水質及海水分析結果，如下列表 4~6 所示。

表 3、計畫區外海各方向各迴歸期設計波高分析表

波向	250		200		100		50		25		20		10	
	Hs	Ts	Hs	Ts										
SW	5.4	9.8	5.1	9.5	4.3	8.7	3.5	7.9	2.7	6.9	2.5	6.6	1.8	5.6
SSW	5.9	10.2	5.7	10.0	5.2	9.6	4.7	9.1	4.1	8.5	3.9	8.3	3.2	7.5
S	9.9	13.2	9.4	12.9	8.0	11.9	6.6	10.8	5.4	9.8	5.0	9.4	3.8	8.2
SSE	7.3	11.3	7.1	11.2	6.5	10.7	5.9	10.2	5.3	9.7	5.1	9.5	4.3	8.7
SE	8.9	12.5	8.7	12.4	8.0	11.9	7.2	11.3	6.4	10.6	6.1	10.4	5.1	9.5
ESE	7.9	11.8	7.7	11.7	7.0	11.1	6.1	10.4	5.3	9.7	5.0	9.4	3.9	8.3
E	7.2	11.3	7.0	11.1	6.4	10.6	5.8	10.1	5.1	9.5	4.9	9.3	4.1	8.5

- 註：1. 依據 1940 ~ 2008 年間之颱風資料推算。
 2. 推算目標區為 118.28°E，24.28°N。
 3. 目標區水深為 -23.75m。
 4. $H_s(m)$ ； $T_s(sec) = 4.2 \sqrt{H_s}$ 。

表 4、地下水質採樣分析

檢驗項目 樣本編號及地點	pH 值	氯鹽 (mg/L)	硫酸鹽 (mg/L)	硝酸鹽 (mg/L)	氨氮 (mg/L)
WG990526-01(湖下)	5.9	103	113	5.85	ND
WG990526-02(下埔下)	5.8	22.8	11.7	12.4	<0.06
WG990531-01(后頭)	6.9	49.6	55.3	25.0	ND
WG990531-02(黃厝)	6.8	78.9	50.1	26.2	ND

註：低於方法偵測極限值之測定以 ND 表示

表 5、大氣腐蝕因子採樣分析

檢驗項目 樣本編號及地點	SO ₂ (ppm)	NO ₂ (ppm)	NO _x (ppm)	NO (ppm)	CO (ppm)	O ₃ (ppm)
99011A1-01 慈堤附近	0.007	0.010	0.010	< 0.004	0.6	0.044
99011A1-02 湖下	0.015	0.017	0.022	0.020	0.7	0.054
99011A1-03 下埔下	0.006	0.008	0.009	< 0.004	0.5	0.062
99011A1-04 后頭	0.007	0.008	0.010	<0.004	0.3	0.064
99011A1-05 黃厝	0.012	0.013	0.015	0.007	0.4	0.043

四、主橋段設計

(一) 上部結構

主橋段採脊背橋型式，橋梁單元長度 1,050 公尺，橋全寬 18.8 公尺，採 3 箱室混凝土箱型梁，箱梁配合受力需求，梁深由 3.3 公尺變化至 7 公尺，主跨為 200 公尺，兩側配合 125 公尺邊跨，詳如圖 4，配合採懸臂工法施工。五座橋塔自橋面以上高度皆等高為 31.5 公尺，外置預力鋼纜為單索面配置於橋面中央，於橋塔兩側皆配置 11 對鋼纜，鋼纜於橋塔處採

表 6、海水採樣分析

樣本編號及地點	檢驗項目	氯鹽 (mg/L)	硫酸鹽 (mg/L)
W990622-01		15,900	1,780
W990622-02		16,100	1,970
W990622-03		16,200	2,000
W990622-04		16,100	1,900
W990622-05		16,200	2,030
W990622-06		16,200	2,020
W990622-07		16,100	2,010
W990622-08		16,300	2,000
W990622-09		16,200	1,980
W990622-10		16,200	1,930
W990622-11		16,500	1,960
W990622-12		16,600	1,840
W990622-13		16,500	1,860
W990622-14		16,500	2,170
W990622-15		16,600	2,100
W990622-16		16,700	2,030
W990622-17		16,700	1,990
W990622-18		16,800	2,140

分離式錨碇，故橋塔於錨碇區採鋼殼及混凝土複合結構，以承受巨大之拉應力，考量鋼殼須吊放至塔頂，為降低塔吊能量需求，故將錨碇鋼殼予以分割分次吊裝，另考量厚鋼板現場銲接品質不易管控，故錨碇鋼殼間採堆疊之方式無需銲接。

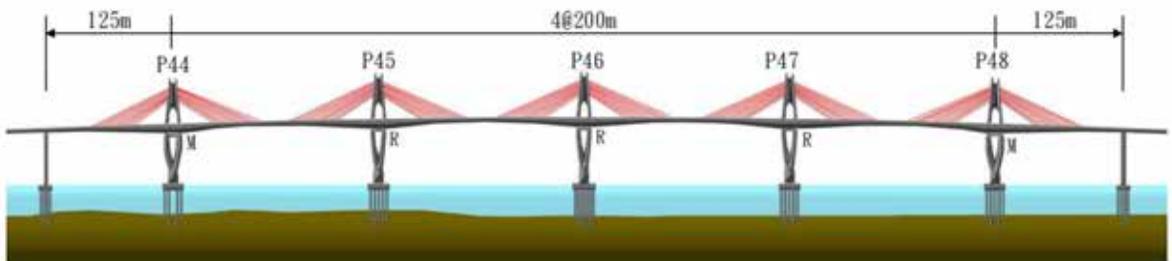


圖 4、主橋段立面圖



圖 5、主橋上構箱梁斷面及橋塔錨碇區立面圖

(二) 下部結構

主橋段脊背橋橋塔下部結構採 V 型橋墩，配合 2.5 公尺樁徑之全套管場鑄基樁，考量樁帽施工性，樁帽配合基樁懸於海床面以上，且於退潮時樁帽將會露出水面以上，設計階段針對各墩位之地形水深及地質條件，設計各橋塔基礎之基樁配置，詳如圖 6 所示。

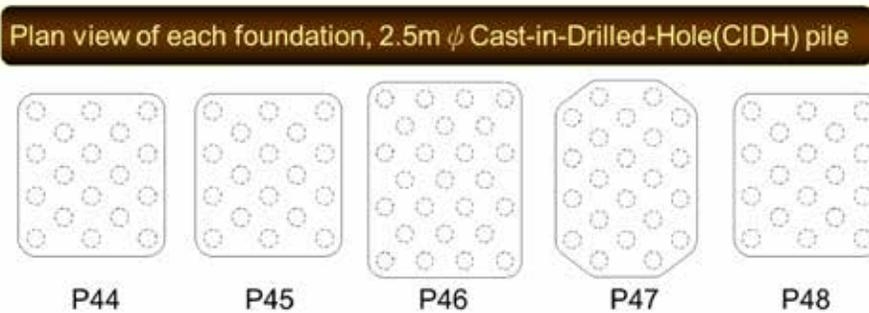


圖 6、主橋各橋墩基礎配置圖

(三) 橋塔設計

脊背橋結構系統為配合橋塔及外置預力鋼纜，使上構箱梁受到較一般梁橋更大偏心之預力，使預力產生更大的效果，進而可縮減箱梁梁深需求。最高之橋塔自海平面以上為 78.5 公尺，橋塔造型演繹自在地高粱酒特產之高梁穗心意象，傳頌金門高粱酒的「香」與「醇」，並將金門特色行銷更廣更遠；5 座橋塔，藉由斜索緊緊串聯在一起，象徵金門 5 鄉



鎮攜手向前行。本橋梁期以「穗心傳語、風情再現」之語彙，為金門地區的國際觀光與整體開發，描繪出一道希望的彩虹。

五、本工程防蝕策略

(一) 上部結構

本工程之橋梁工址位於海水中及近海岸，受海水飛沫之影響，屬極嚴重鹽害區，今基於整體考量，均建議混凝土使用 C_3A 含量適度之 TYPE II 水泥添加高爐石粉或飛灰等卜作嵐材料（飛灰、高爐石粉上限 45%）或 IS(MS) 高爐中度抗硫水泥、IP(MS) 卜作嵐中度抗硫水泥，最大水膠比為 0.40，另混凝土強度採 420kgf/cm^2 ，亦可增加其水密性，有助於防蝕，並配合混凝土抗氯離子穿透能力試驗，要求使用之配比須符合 56 天齡期混凝土符合 CNS 14795 等級為”低”以下標準。在設計上採 0 張應力，以避免裂縫產生。在預力鋼腱部分，施完預力後於套管內灌注水泥砂漿保護，以達到防蝕效果。在混凝土保護層加厚處理方面，依工址腐蝕條件，配合現行規範辦理；另於施工規範要求現場施工應妥善控制水泥與混凝土品質及保護層厚度，應可充分達到防蝕需求。

(二) 下部結構

橋墩、橋台及基礎板係採用現場澆置施工，施工時應配合控制水泥與混凝土品質及保護層厚度，以達到防蝕需求。墩柱及橋塔採用自充填混凝土 (SCC)，具有高度流動能力，澆置過程不需振動搗實，完全藉由自身流動性能填充至鋼筋間隙及模板之各角落，克服鋼筋密集及封閉性空間不易澆置構件之缺點，可提高混凝土施工品質，增進結構物耐久性。依施工技術規範之規定， $350\text{kgf}/\text{cm}^2$ 混凝土強度之最大水膠比為 0.40，可符合 ACI 之規定，並配合混凝土抗氯離子穿透能力試驗，要求使用之配比須符合 56 天齡期混凝土符合 CNS 14795 等級為”低”以下標準。混凝土使用 C_3A 含量適度之 TYPE II 水泥添加高爐石粉或飛灰等卜作嵐材料 (飛灰、高爐石粉上限 45%)，鋼筋採鍍鋅鋼筋或環氧樹脂鋼筋，加厚保護層，以增加其防蝕效果。基礎施工 (巨積混凝土) 為防制裂縫產生，若採分層澆置時，澆置接著面須作黏結處理後方可澆置下一層混凝土，位於外露面之接縫須作防水處理以杜絕可能的腐蝕因子，混凝土養護期最短 14 天，且養護期間應以適當措施控制其冷卻速率，養護期間混凝土表面溫度每 24 小時之累計溫降不超過 11°C 。

(三) 橋墩基樁

基樁因長期埋置於海水及地表面下，係受土壤圍束及海水中低含氧量之構造物，其受侵蝕危害程度較外露於潮汐飛沫帶之構造物為低，本工程之基樁混凝土建議亦選用 C_3A 含量適度之 TYPE II 水泥添加高爐石粉或飛灰等卜作嵐材料 (飛灰、高爐石粉上限 45%)，最大水膠比不得大於 0.4 及 $315\text{kgf}/\text{cm}^2$ 混凝土 (設計強度 $280\text{kgf}/\text{cm}^2$)，樁體設計採 10 公分保護層，配合混凝土抗氯離子穿透能力試驗，要求使用之配比須符合 56 天齡期混凝土符合 CNS 14795 等級為”低”以下標準，應可確保防蝕效能。施工時若能控制水泥混凝土品質之均勻度，且對混凝土保護層厚度確實管控，當可減輕鹽份對混凝土結構之侵蝕影響。

(四) 外置預力斜索

脊背橋使用之外置預力斜索採同步射出高密度聚乙烯 (HDPE) 內套

管並灌注油脂之鍍鋅單根鋼絞線 (Co-extruded mono-strand)；並配合高密度聚乙烯 (HDPE) 材質外套管具四層防蝕保護功能，應可滿足耐久性需求。

六、鍍鋅鋼筋之應用

考量提昇本工程之耐久性，於橋墩之基礎 (不含基樁)、墩柱 (含伸入箱型梁內之鋼筋)、盤式支承之混凝土墊，鋼筋均採用熱浸鍍鋅鋼筋。且前述範圍內採用之鋼筋續接器、施工樣架及基礎組立鋼筋支撐架，亦須配合鍍鋅。所有熱浸鍍鋅鋼筋之附著量及均勻性須符合 CNS 1247 相關規定。本工程鍍鋅鋼筋生產、運輸、現場組立及查驗等施工流程詳如圖 7 所示，鍍鋅鋼筋生產及現場施工照片詳如圖 8。

一、施工流程圖

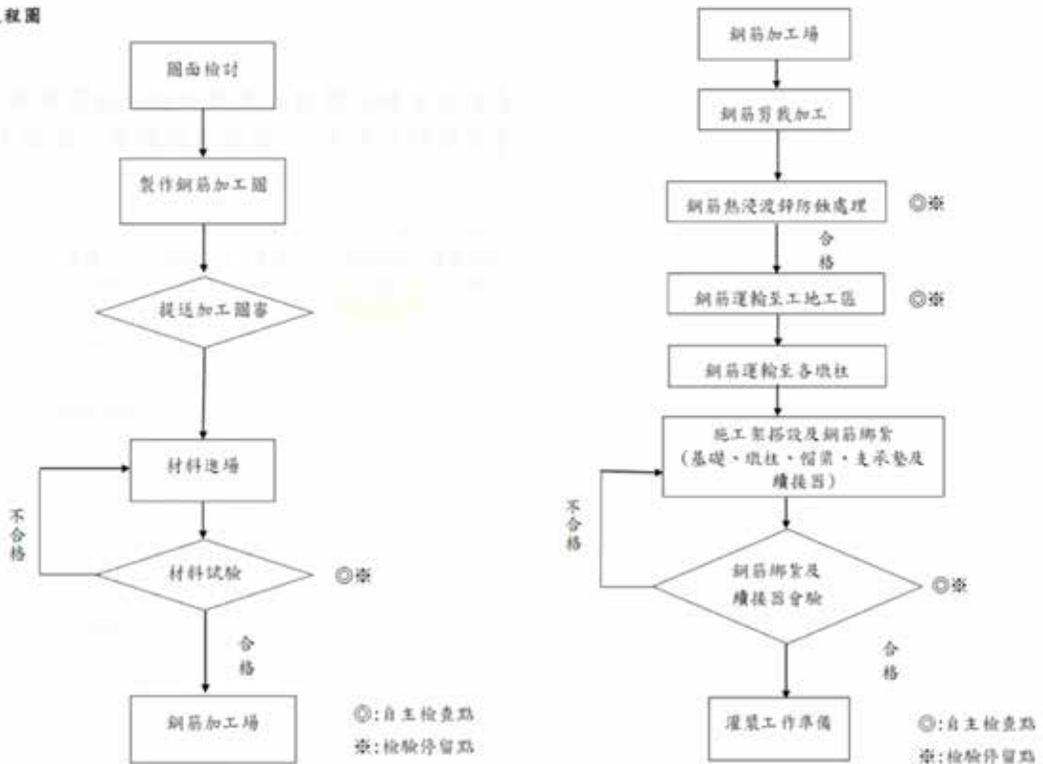


圖 7、鍍鋅鋼筋製作及現場綁紮流程圖



鋼筋於鍍鋅槽鍍鋅



鍍鋅鋼筋於現場擺放



鋼筋組立



現場扭力試驗



鋼筋續接器 (公頭配合帽蓋)



鋼筋續接器 (母頭配合保護)

圖 8、鍍鋅鋼筋生產及現場施工照片

七、監測工作計畫

本工程亦規畫執行長期材料腐蝕試驗與橋墩腐蝕監測，預計進行金門大橋所使用混凝土之相關材料特性之探討，包括基本材料力學性質、耐久性、長期體積穩定性與水中磨耗特性等；同時於部分橋墩處安裝腐蝕監測計，監測規劃說明如下：

(一) 長期材料腐蝕試驗

作為我國第一座長距離跨海大橋之金門大橋，其所使用之混凝土性質有必要進行深入之探討，以瞭解其與橋梁行為相關之各項材料特性，同時在海域環境下，材料與結構體能具備所需之耐久性需求；並能提供足夠的相關資訊，作為未來橋管單位長期的維護管理決策所需之參考。

監測計畫預計進行之項目為以日後橋梁施工之承包廠商所確定使用之材料配比製作混凝土試體，進行室內加速試驗，探討混凝土中性化與氯離子入滲之關係；並於本工程橋墩 P44、P48 處之箱型梁頂板中央適當位置各施作 1 個尺寸為 $0.6\text{m} \times 0.6\text{m} \times 0.6\text{m}$ 之鋼筋混凝土塊，其鋼筋採用一般鋼筋，及橋墩 P41、P51 基礎上方適當位置各施作 4 個尺寸為 $1\text{m} \times 1\text{m} \times 1\text{m}$ 之立方鋼筋混凝土塊，4 個鋼筋混凝土塊中，2 個配置一般鋼筋，另 2 個配置防蝕處理鋼筋，配合鑽心取樣用以掌握橋梁混凝土狀況。

(二) 部分橋墩腐蝕之監測

因金門大橋為跨海大橋，位於漲、退潮區間之橋墩在足夠的氯離子及氧氣的環境條件下，極可能有腐蝕的狀況產生，一但氯離子滲入到鋼筋造成鋼筋腐蝕，則此橋墩之承載能力將會快速的折減，故橋墩腐蝕為造成橋梁損壞、減少壽命之重要因素之一，腐蝕亦為跨海大橋必須要監測之重點項目之一，其監測結果將可作為後續維修養護之依據。

監測計畫預計於引橋位置 P10、P25、P60、P70 之橋墩，邊橋位置之 P41、P51，主橋位置 P44、P46、P48 之橋墩，每個橋墩的潮間帶（平均低潮位以下 1 公尺處）、飛沫區（平均高潮位以上 1 公尺處）與飛沫區之上（設計潮位以上 5 公尺處）各一個斷面，每個斷面裝設 1 個腐蝕感測器，其中 P25、P41、P44、P46、P48 及 P51 位置則再額外多安裝 1 個腐蝕感

測器於海平面以下位置(最低潮位以下3公尺處)，共計33個腐蝕感測器，每個腐蝕感測器將量測腐蝕電位、電流、相對溼度，以提供腐蝕程度之判斷，相關配置如圖9所示，後續配合以檢測員每年1次之定期資料讀取方式進行。

期能透過本監測計畫所獲致之性質回饋提供橋梁管理單位進行未來橋梁之維護與監測參考之用，並由腐蝕感測器之量測資料，一旦腐蝕情況發生即可迅速掌握並進行相關處置。

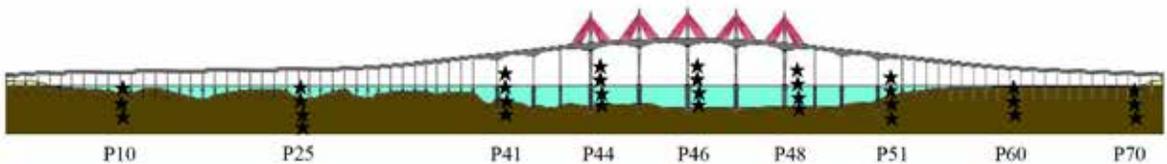


圖 9、橋墩腐蝕監測配置示意圖

八、結語

本工程為台灣首座大規模之跨海橋梁，考量海水、海風等外在條件易對混凝土構造物造成侵蝕危害，透過適當之防蝕略提升橋梁耐久性，實為本工程重要之課題。故於規劃設計階段配合環境調查了解工址腐蝕條件，並綜合參考世界各國跨海大橋之設計年限及相關材料性質規定，擬訂本工程防蝕目標及策略，具體作為如採用 C₃A 含量低之抗硫水泥、規定混凝土最大水膠比、混凝土添加高爐石粉或飛灰等卜作嵐材料、採用自充填混凝土及及加大保護層，並配合使用鍍鋅鋼筋。結構設計採 0 張應力並配合抗氯離子穿透能力、施工規範等要求，以提昇橋梁耐久性。另亦考量橋梁構件之監測，配合於施工階段、完工階段之構件初始值量測及長期材料腐蝕試驗與橋墩腐蝕監測，用以進行本工程所使用混凝土之相關材料特性探討，期望所獲致之性質回饋提供橋梁管理單位進行未來橋梁之維護與監測參考之用，以確保橋梁使用期間之安全。

九、參考文獻

- 1、「金門大橋工程設計報告」，2012年7月。
- 2、「金門大橋工程橋梁防蝕工法評估報告」，2012年7月
- 3、CNS 1247

熱浸鍍鋅製程對功能性結構用鋼特性之影響

張凱程、徐國閔、林招松

國立台灣大學材料科學與工程學系

* 通訊作者：csclin@ntu.edu.tw

摘要

現今橋梁用材逐漸由鋼材取代傳統的混凝土，加上台灣氣候多雨與潮濕，防蝕顯得愈加重要，其中熱浸鍍鋅為一常見之防蝕方法。本研究為探討建築用鋼及高強度橋梁用鋼經過熱浸鍍鋅處理後對機械性質、鍍層性質及顯微結構差異的影響。機械性質方面，經由拉伸試驗結果顯示，熱浸鍍鋅處理對鋼材銲接強度並不會造成該處強度明顯下降。研究中使用化學剝除法得知，熱浸鍍鋅後之鍍層主要分為兩部分：接近表面的純鋅以及佔鍍層中大部分的 ζ 相 ($FeZn_{13}$)，由於鐵沒有足夠的時間擴散，因此沒有觀測到鐵含量較多的 δ 相存在。此外，由於鋅浴中鋁含量極低 ($\leq 0.001\%$)，在缺乏鐵鋁障蔽層的形成下，快速的鐵鋅反應，使得鍍層內生成許多細小且不緻密的 ζ 相顆粒鍍層結構。

關鍵詞：熱浸鍍鋅、包藥電弧銲接、機械性質、化學剝除法、鍍層。

一、前言

由於鋼材相較傳統混凝土有較佳的強度、韌性、製作加工容易、施工工期短等優點，鋼材已成為現今橋梁結構與建築等建材的主要材料。然而台灣多雨的氣候對鋼材具有腐蝕加劇的影響，因此腐蝕的防護為一筆不小的開銷。鋼結構物防蝕常用方法包括熱浸鍍鋅與塗裝，其中熱浸鍍鋅能提供優異的犧牲陽極保護效果^(1,2,3,4)。然而作為建材使用下，功能性結構用

鋼銲接後的性質也是必須考慮的因素，儘管有文獻對銲接後鋼材的性質作討論^(5,6)，但銲接後熱浸鍍鋅的腐蝕行為和機械性質仍較少有人論述。

二、功能性結構用鋼銲接與熱浸鍍鋅方式

本研究中的四種熱浸鍍鋅鋼材是由中華民國熱浸鍍鋅協會提供的，包括經過熱浸鍍鋅處理的 SBHS500、SM570M、SN490B/ SN490C，化學成分及相關機械強度如表 1，銲接方式為包藥電弧銲接。

鋼材於熱浸鍍鋅前沒有予以預熱處理，熱浸鍍鋅製程如下所示：室溫酸洗處理 60 分鐘→室溫水洗 30 分鐘→助熔劑（氯化銨溶液 $[NH_4Cl]$ 、氯化鋅溶液，濃度約 32%）處理約 3 分鐘→熱浸鍍鋅（溫度約 $450^{\circ}C$ ，Zn 含 98% 以上，Al $\leq 0.001\%$ ）約 5 分鐘→冷卻（水冷）約 3 分鐘。

表 1、熱浸鍍鋅鋼底材的化學組成

鋼種符號	化學成分 (wt %)					降服強度 (N/mm^2)	抗拉強度 (N/mm^2)
	C	Si	Mn	P	S		
SN490B	≤ 0.18	≤ 0.55	≤ 1.60	≤ 0.030	≤ 0.015	≥ 325	490~610
SN490C	≤ 0.18	≤ 0.55	≤ 1.6	≤ 0.02	≤ 0.008	≥ 325	490~610
SBHS500	≤ 0.11	≤ 0.55	≤ 2.0	≤ 0.02	≤ 0.006	≥ 500	570~720
SM570MB	≤ 0.18	≤ 0.55	≤ 1.6	≤ 0.02	≤ 0.008	420~540	570~720

三、無處理銲接鋼材與熱浸鍍鋅銲接鋼材的機械性質評估

四種銲接後之熱浸鍍鋅試樣以及僅銲接沒有經過熱浸鍍鋅處理的試樣，皆依據 ASTM E8 對銲接材料測試的規範，利用萬能試驗機做拉伸測試，每一種鋼材及製程都測試過 3 次，因再現性高，任取 1 次結果呈現於圖 1。

每種鋼材經拉伸試驗分析後，皆選用數位相機將斷裂試棒之俯視圖及破斷面拍照記錄，如圖 2- 圖 5。結果顯示，熱浸鍍鋅處理對銲接後試樣的

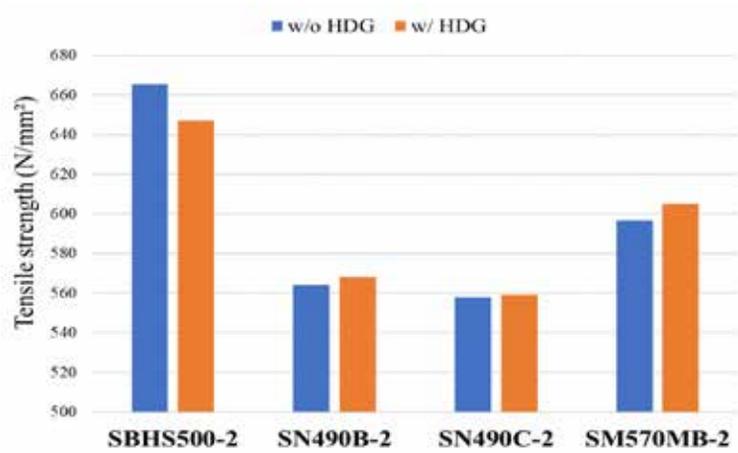


圖 1、拉伸試驗結果

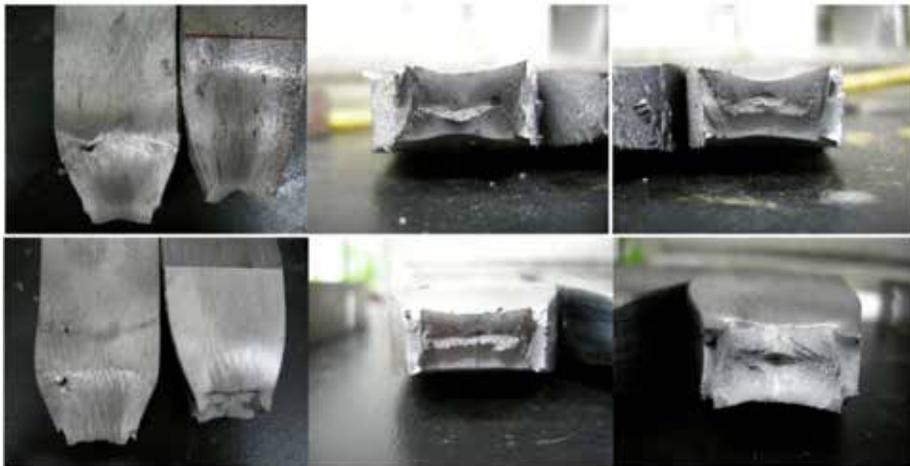


圖 2、SBHS500 (a) 未經熱浸鍍鋅與 (b) 經熱浸鍍鋅斷裂試棒之俯視圖及破斷面

抗拉強度，並無太大的影響，且破斷面之形貌，皆屬延行破壞狀。此外，破斷的位置幾乎都是位於母材，顯示鍍材強度夠高，不會因為鍍接而導致整體強度的下降。

四、鍍層分析與討論

黃澤峰⁽⁷⁾在其研究資料中提到，熱浸鍍鋅鋼板的鍍層結構主要是由鋼鐵中的鐵和鋅浴中的鋅交互擴散而形成鐵鋅合金相，鐵鋅二元平衡相圖如圖 6 所示。當鋼材浸入熔融的鋅浴中，鋅會在接觸面上和鐵基生成固溶



圖 3、SN490B (a) 未經熱浸鍍鋅與 (b) 經熱浸鍍鋅斷裂試棒之俯視圖及破斷面

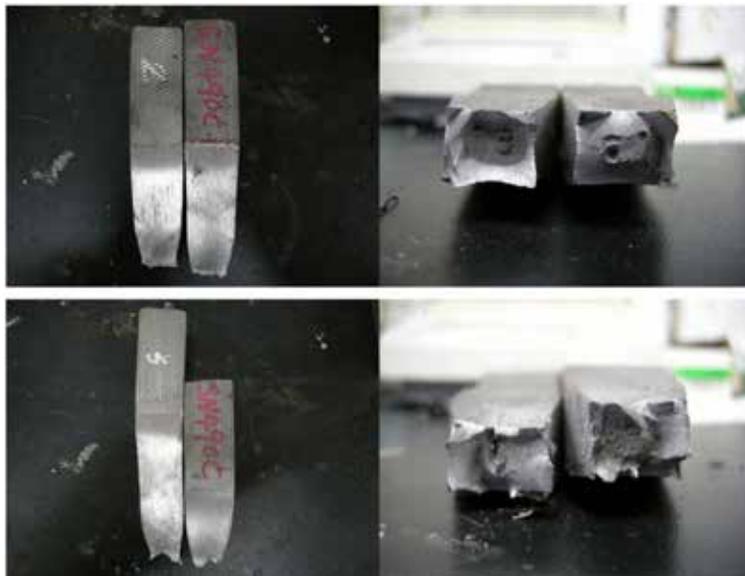


圖 4 SN490C (a) 未經熱浸鍍鋅與 (b) 經熱浸鍍鋅斷裂試棒之俯視圖及破斷面

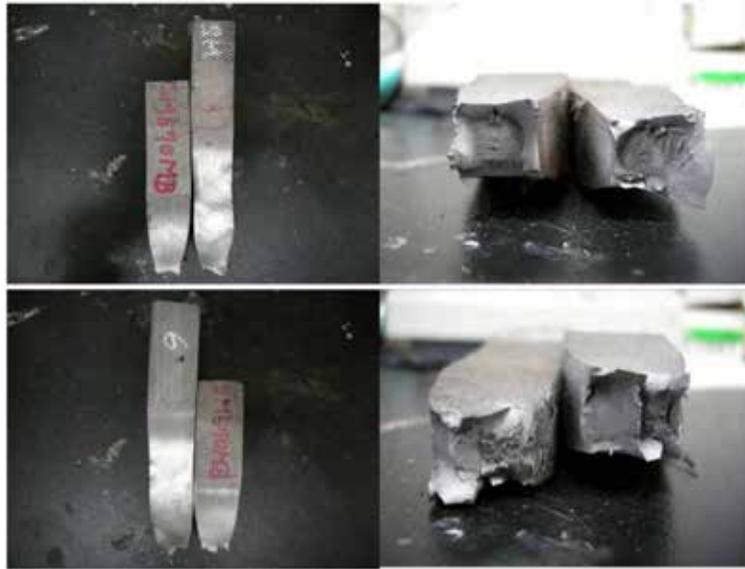


圖 5、SM570MB (a) 未經熱浸鍍鋅與 (b) 經熱浸鍍鋅斷裂試棒之俯視圖及破斷面

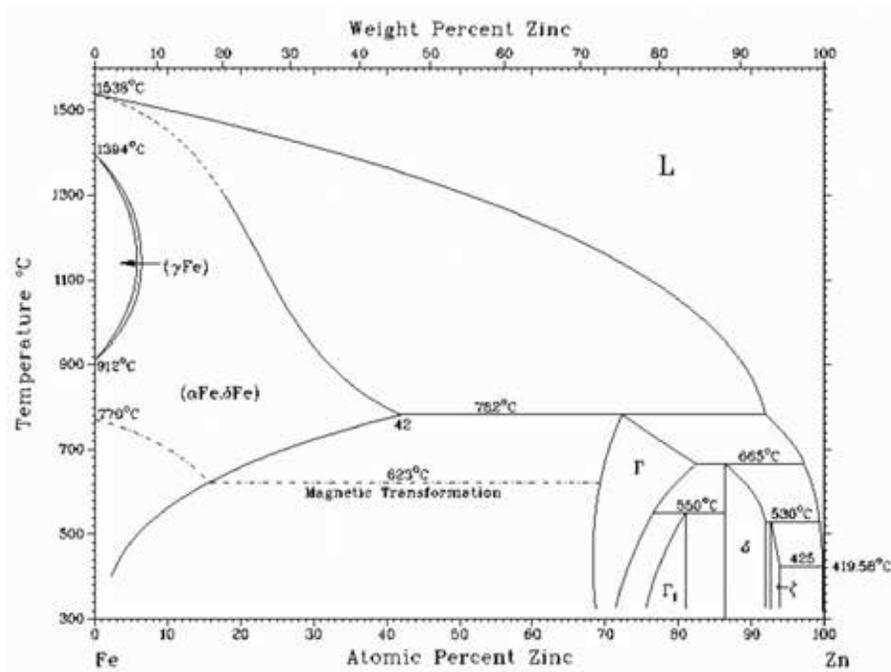


圖 6、鐵鋅二元平衡相圖

體，當鋅在固溶體中達到飽和狀態時，鋅會在鐵基材晶格中擴散而逐漸形成合金，同時，鐵也會擴散到熔融之鋅浴中而形成富鋅之金屬化合物，從圖 6 上可看出，於反應初期，在較低的鐵含量之下，鍍層內即生成 ζ 相 (FeZn_{13})，而於鍍層較表面之區域，由於鐵含量接近零，因此於鍍層表面形成接近純鋅相。

熱浸鍍鋅鋼材 SBHS500、SM570MB、SN490B、SN490C 的橫截面蝕刻如圖 7，可看出鍍層內的金屬化合物細碎不連貫，表示其並非一層一層均勻向外長，而是快速的形成。然而，鍍層內的結構主要是 Fe-Zn 相為主，其餘為純鋅相，鍍層厚度皆約為 $200\sim 250\ \mu\text{m}$ 。以較高倍率 SEM (掃描式電子顯微鏡) 觀察的影像如圖 8，搭配 EDS (能量色散 X 射線譜) 分析，一種是鐵含量約為 7 at.% 左右的 ζ 相 (顏色較淺)，而另一種則為純鋅相 (顏色較深)，界面以下則為鋼底材。

圖 9(a) 與 (b) 即為以包藥電弧銲接之 SBHS500 經熱浸鍍鋅處理後的橫截面顯微組織。由圖 9(b) 中藉由觀察經化學金相腐蝕後之銲道中間、熱影響區及基材橫截面鍍鋅層區域可發現，最遠離銲道的部分和圖 7 的

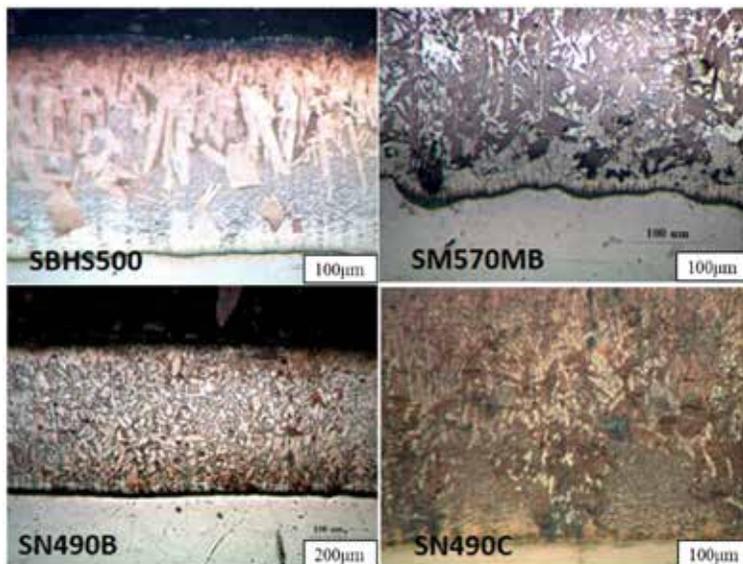


圖 7、四種熱浸鍍鋅鋼材之橫截面

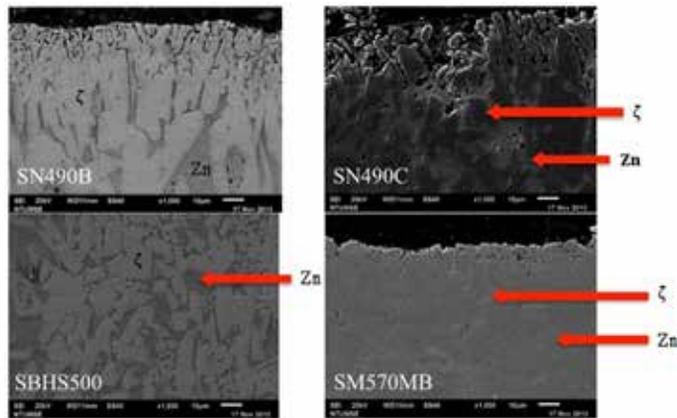


圖 8、四種鋼材經熱浸鍍鋅處理後在 SEM 下之橫截面

SBHS500 擁有相同的顯微組織，而在鋁道邊緣鍍層內 Fe-Zn 相的顆粒明顯較小，其中以鋁道中央區域之 Fe-Zn 相顆粒最小，鋁道區域之鍍層厚度約為 $300\mu\text{m}$ 。有關鍍層內所含之金屬化合物種類，則使用化學剝除法鑑定。

在化學剝除測試中，以 7.5vol% 的鹽酸當作化學剝除液，並在化學剝除時以恆電位儀記錄 OCP (開路電位) 隨時間的變化，如圖 10，依據 OCP 的變化可分為四個區間。為了解這四個區間相對應鍍層內結構及成

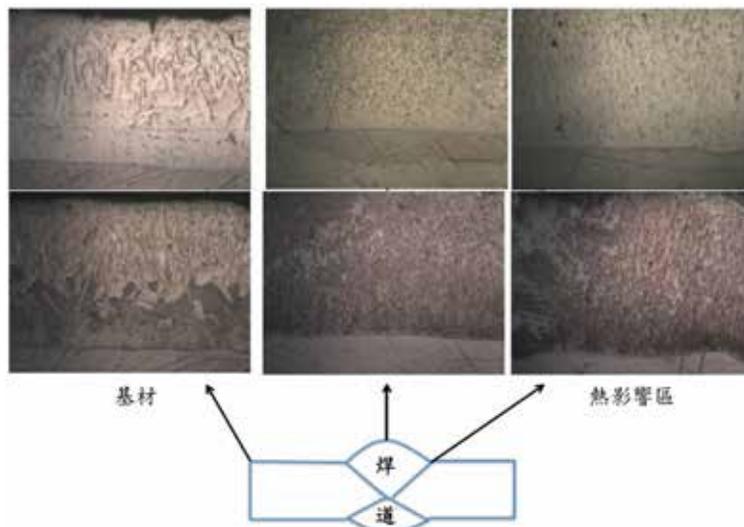


圖 9、鋁後 SBHS500 經熱浸鍍鋅處理後 (a) 蝕刻前與 (b) 蝕刻後之橫截面

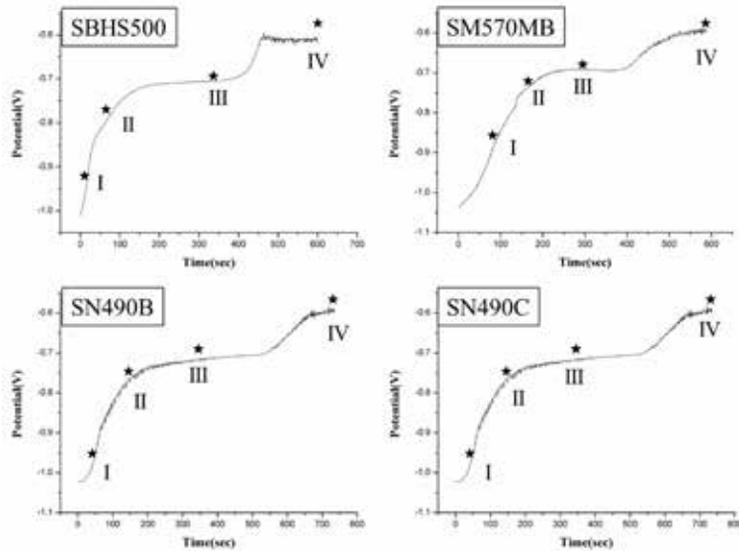


圖 10、四種鋼材在 7.5vol% 的鹽酸下隨時間變化之 OCP

分的關係，每個鋼材分別在剝除時間達到這四個時間點時，快速將試片抽離出腐蝕液並以大量去離子水沖洗，以停止化學腐蝕反應，接著以 SEM 並搭配 XRD (X 光繞射儀) 作分析，結果如圖 11、12 所示。

由圖 11 可知，SBHS500 上的熱浸鍍鋅層在化學剝除 25 秒時，表面形貌呈現顆粒狀顯微組織，明顯且尺寸粒度雷同；而經 75 秒的化學剝除後發現，顆粒狀顯微組織已消失，取而代之的是棒狀的顯微結構；化學剝除至 350 秒時，呈現出來更粗大的不規則柱狀組織；最後至 650 秒時，所有特徵組織都消失，呈現出平坦的表面形貌。搭配圖 12 化學剝除前的 XRD 結果與圖 8 SEM 的結果，可知鍍層內主要為 Zn 及 ζ 兩種結構，650 秒前也都是顯現這兩相結構，到 650 秒時則開始偵測到底材訊號(鐵)。由觀察分析結果得知，鍍層最外側含有較多的純 Zn 相存在，因此所測得的開路電位較低 (-1.02 V)，隨著剝除時間的增加，愈往介面方向移動時，鐵含量增加使得愈多的 ζ 相生成，因此開路電位逐漸提升，最後剝除至鋼底材時，電位則明顯高於鍍層內所有的結構 (-0.6 V)。此現象顯示此類鍍層對 SBHS500 而言，提供優異的犧牲保護作用，且鍍層中間部位形成

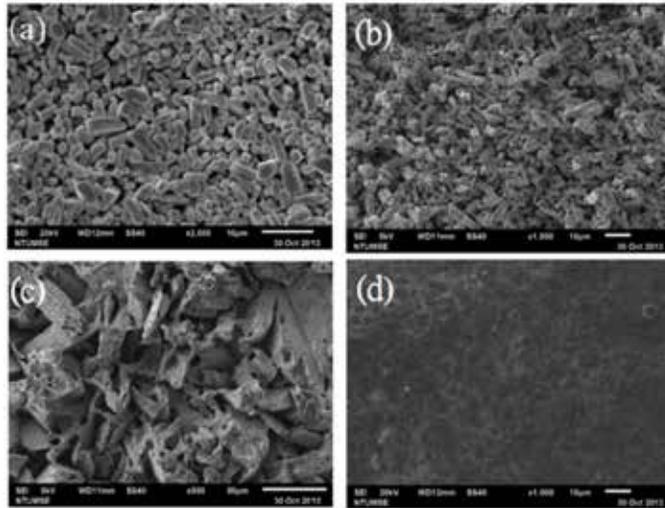


圖 11、SBHS500 在 (a) 25 秒、(b) 75 秒、(c) 350 秒、(d) 650 秒之 SEM 俯視圖

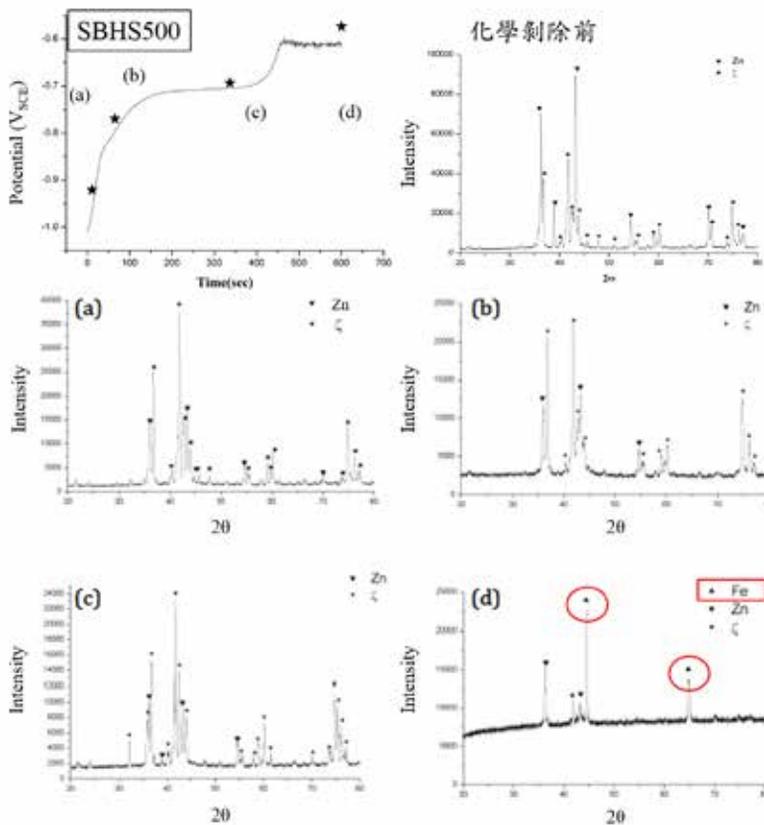


圖 12、SBHS500 經 (a) 25 秒、(b) 75 秒、(c) 350 秒、(d) 650 秒之 XRD 結果

較完整連續的金屬化合物層，不僅繼續提供犧牲保護的作用，亦可降低腐蝕速率。其餘三種鋼材結果皆與 SBHS500 類似，僅有時間上的差異，故未在此呈現。

五、結論

- 1、由拉伸試驗的實驗數據中可知，經熱浸鍍鋅處理和未經熱浸鍍鋅處理的銲接試樣，其抗拉強度沒有顯著的差異。而破斷位置皆位於母材，表示銲接後熱浸鍍鋅處理並不會造成該處強度明顯下降。
- 2、經熱浸鍍鋅處理後，由於鋅浴中鋁含量極低 ($\leq 0.001\%$)，在缺乏鐵鋁障蔽層的形成下，快速的鐵鋅反應，使得鍍層內生成許多細小且不緻密的 Fe-Zn 相顆粒。而此 Fe-Zn 相在鑑定後得知，皆為 ζ 相。

六、參考文獻

1. A. R. Marder. The metallurgy of zinc-coated steel. *Progress in Materials Science*, 45(3) (2000) 191-271.
2. K. R. Baldwin, M. J. Robinson, C. J. E. Smith. The corrosion resistance of electrodeposited zinc-nickel alloy coatings. *Corrosion Science*, 35(5-8) (1993) 1267-1272.
3. S. M. A. Shibli, B. N. Meena, R. Remya. A review on recent approaches in the field of hot dip zinc galvanizing process. *Surface and Coatings Technology*, 262 (2015) 210-215.
4. A. Gallego, J. F. Gil, E. Castro, R. Piotrkowski. Identification of coating damage processes in corroded galvanized steel by acoustic emission wavelet analysis. *Surface and Coatings Technology*, 201(8) (2007) 4743-4756.
5. R. Nandan, T. Debroy, H. Bhadeshia. Recent advances in friction-stir welding – Process, weldment structure and properties. *Progress in Materials Science*, 53(6) (2008) 980-1023.
6. S. M. A. Shibli, B. N. Meena, R. Remya. A review on recent approaches in the field of hot dip zinc galvanizing process. *Surface and Coatings Technology*, 262 (2015) 210-215.
7. 黃澤峰，熱浸鍍鋅鋼鍍鋅層結晶構造對抗蝕性之影響，2008 年。

台電和仁、和鐵~漢本 161kV 輸電線路 #2 造型鐵塔鍍鋅專案

康智仁¹

¹ 力鋼工業股份有限公司 執行長



- 業主：台灣電力股份有限公司輸變電工程處北區施工處
- 承攬廠商：力鋼工業股份有限公司
(設計、製造、鍍鋅、油漆、安裝)
- 協力廠商：祥復鋼構有限公司
- 鍍鋅廠商：尚燁工業股份有限公司、臺鍍科技股份有限公司、力鋼工業股份有限公司
- 鐵塔重量：240 噸
- 地點：宜蘭縣及花蓮縣交界和平溪河床內

一、緣起

台灣電力公司為打破傳統輸電鐵塔既有框架，祈望改變國人對鐵塔刻板印象，塑造正面形象，因此借由「鐵塔創意造型設計競賽活動」列入社會豐沛資源，使輸電鐵塔能結合公共藝術，傳達對自然環境之尊重及考量使用功能性，創造雙贏的理念，而於 104 年 12 月舉辦第一屆 FUN 電塔創意大賽。在眾多創新作品中，以環境融入、景觀造型、建造用料、結構應力、製造可行性、鐵塔裝設、架線施工、維護運轉及工安設施等理念，經過專家研究討論，擇定古字「𠃉」意象做為首座造型鐵塔的實現標的。

二、目的

- (一) 「𠃉」造型鐵塔已實現座落於宜蘭縣與花蓮縣交界之和平溪河床北側，如圖 1 所示，提供蘇花公路改善工程之漢本隧道、觀音隧道、谷風隧道及相關號誌、通信用電所需，亦不論以北迴鐵路、蘇花公路、蘇花改高架路段行駛，作為出宜蘭進入花蓮時的地標，提醒著人們花蓮到了。
- (二) 台灣電力公司突破過往及現行輸電線路支持物結構思維，首次提供民眾從藝術角度思考，以公共建設結合地方特色，提昇觀光資源，來降低對輸電線路工程抗拒之意念，創造雙贏契機。隨著時代的演進、材料的進步、設計的天馬行空、製造技術的精進，讓鐵塔有了溫度、造型、意象等等賦予鐵塔新的生命。

三、造型鐵塔結構設計需求

(一) 原創意造型

底部寬度範圍為 16.5m x 14.5m，線下高度 34m，總高度 48m，地線橫擔含寬度不小於導線橫擔寬度，以 8 片彎曲漸變斷面組成 4 支塔腳，塔腳以上至塔頂部份則以 4 片彎曲漸變斷面構成，並以 5 支繫材做連接，如圖 2 所示。

(二) 鐵塔設計負載(主要考慮風力荷重)



圖 1、工程位置圖



圖 2、原創設計模型圖

風力為鐵塔主要外力，尤其本造型鐵塔外形曲面，阻風面積較以往角鋼構成之面積大許多，引致之風力亦大增。依據台灣電力公司「輸電鐵塔新設計規範」規定，考量設計風速之再現週期對重要線路為 200 年，並考慮高度、形狀、陣風等效應，依位址本計畫鐵塔 10m 高度處之陣風基準風速壓為 $260\text{kg}/\text{cm}^2$ ，常風速壓為 $20\text{kg}/\text{cm}^2$ ，構件所受之風壓隨高度遞

增。風力須就線路方向及垂直線路方向分別依鐵塔構件之受風面積詳細計算鐵塔受風力，如表 1 所示。

表 1、輸電鐵塔承受之風壓 單位：kg/cm²

H(m)	荷重條件	
	颶風時	平常及作業時
10	260	20
10	740	60
20	790	70
30	850	70
40	900	70
50	940	80
60	990	80
70	1020	80

另外懸吊之導線亦承受風力，導線傳遞風力至鐵塔橫擔，故作用於鐵塔橫擔懸吊處之風荷重 W_{wire} ，在招標文件已提供 CASE 1~5 種，其中 CASE 5 僅適用於橫擔設計時使用，如圖 3 所示。

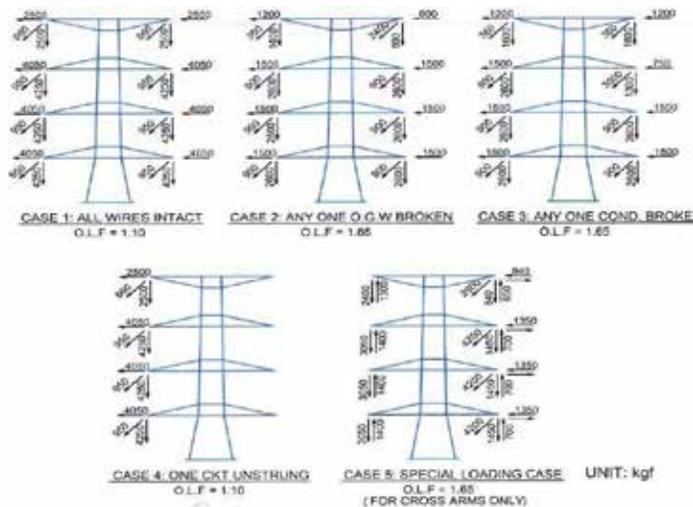


圖 3、作用於鐵塔橫擔之導線風荷重

(三) 電氣絕緣及線路吊掛需求

1. 線下高度 30m
2. 鐵塔底部寬度為 16.5m x 14.5m
3. 地線橫擔 (ARM) 全寬度須不小於導線橫擔寬
4. 地線橫擔之凸出柱外部以可提供吊掛地線裝置為原則
5. 鐵塔主要基本架構如圖 4 所示。

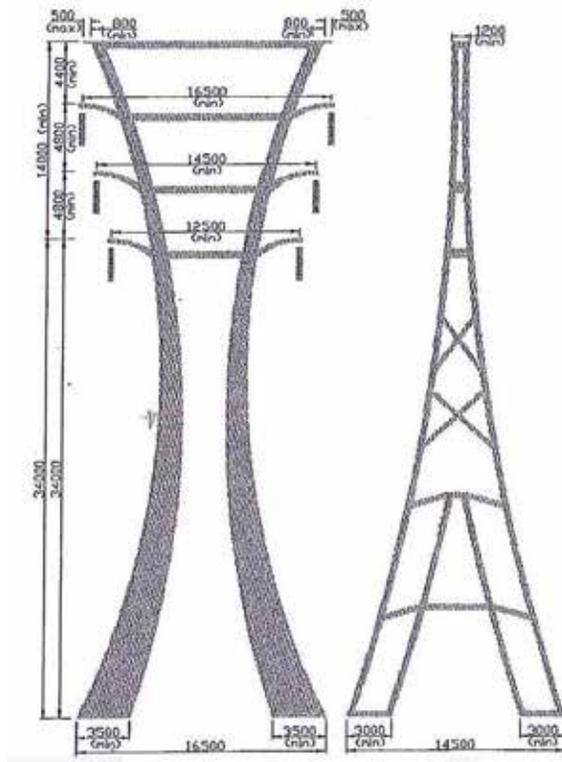


圖 4、電氣絕緣及線路吊掛

四、製造

- (一) 本案製造全然不同於既往鐵塔使用之材料，主構材使用耐震鋼板 CNS 13812 SN400B、SN400C、SN490B 或 SN490C 組銲成 BOX，除鋼板需精準裁切彎成 3D 曲面，柱外形曲面自底部寬 3.5m 漸變至頂部 0.8m，路徑亦為曲線製作難度高。如圖 5 所示，原則上，主構材柱以提高耐壓能力及輕量化考量；製作時銲接變形量及收縮值、

熱浸鍍鋅時再度變形量及收縮值，運輸超寬超長的交通管制及工地高空安裝等都考驗著設計及製造團隊能力及經驗，以順利安裝為主要目標。



圖 5、鐵塔構件製作情形

(二) 基礎設定也不同于既有鐵塔之角鋼基礎設定，改以錨碇螺栓設定，每一主、副柱有 3 組螺栓群組合而成，合計 12 組共 176 支錨碇螺栓；設定的精確度是本塔能順利組裝之關鍵所在，因此製造團隊經多次確認、修改、再確認，終將尺寸調整到可接受公差內，使造型塔能順利展開吊裝作業。設定作業及複測作業，如圖 6 及圖 7 所示。

五、檢驗

依據台灣電力股份有限公司輸變電線路鍍鋅鐵塔規範規定進行下列各項檢驗，檢驗情形如圖八所示。

- (一) 尺寸檢查：檢查鋼料之形狀、尺寸及外觀；螺栓之形狀與尺寸；螺紋及螺帽之緊密度。
- (二) 化學分析（如有鋼料供應廠商之檢驗報告，本項分析可免除，並以鋼料供應廠商之檢驗報告代替之）。
- (三) 機械試驗
一般鋼料：拉力、彎曲及伸長率試驗。
螺栓及螺帽：拉力試驗、脫離試驗（含安裝、腳踏螺栓及螺帽）。
- (四) 鍍鋅試驗：包括附著量試驗，均一性試驗及附著性試驗；鍍鋅試驗由檢驗員會同抽取鍍鋅試片後作各項試驗。
- (五) 銲道檢測：本案屬鋼結構箱形斷面銲道，實施銲道磁粒探傷及超音波檢驗，以確保每一銲道品質符合規定。

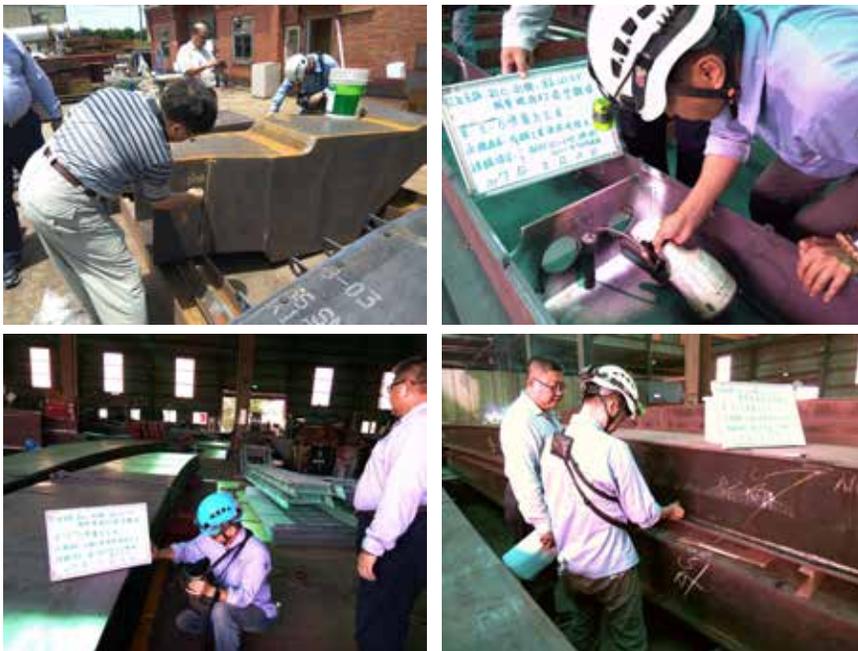


圖 8、造型鐵塔製作檢驗情形

六、假組立檢查

為確保各構件能在工地順利安裝，於構件製作後進行假組立作業，如圖九所示，唯本塔主、副柱都是單一BOX 曲面組合而成，僅有側向有斜撐支撐，因此主、副柱假組立所需之假設工程，其精確性及相對位置間尺寸，悠關工地安裝成敗之關鍵所在。

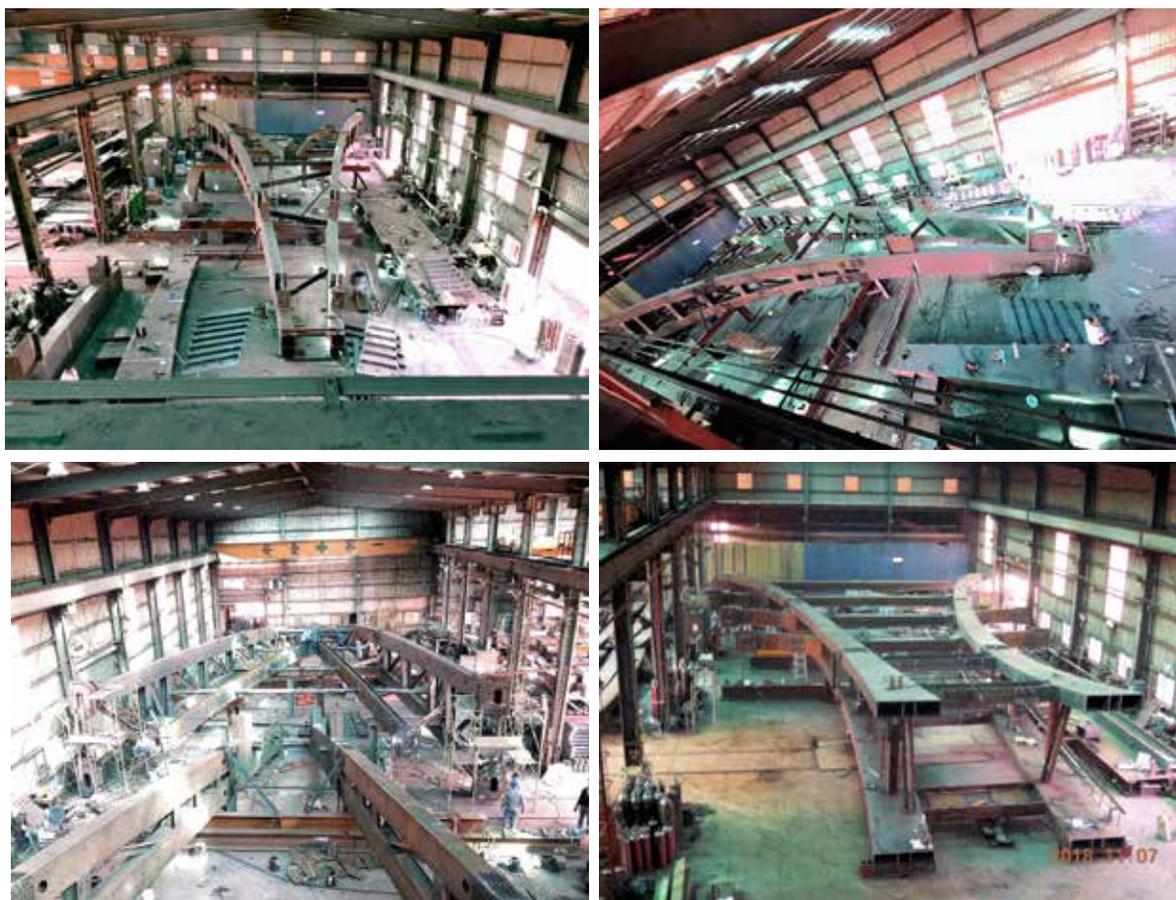


圖 9、造型鐵塔假組立作業

七、熱浸鍍鋅

本塔構件有超寬、超深、超重之組件，需依照各鍍鋅廠酸洗槽、鍍鋅槽尺寸、及吊車負載能力等特性，安排鍍鋅作業。

(一) 主柱第二節 (如圖 10) 因長度 13,151mm，深度 3,940mm 交由臺鍍科技股份有限公司鍍二次解決。

- (二) 主柱第四節 (如圖 11) 寬度 1947mm，深度 2265mm，長度 10590mm，僅尚燁工業股份有限公司爐寬可容納，以三次鍍鋅完成。
- (三) 副柱 (如圖 12) 寬度 2318mm，深度 2233mm，只有本公司酸洗槽可一次酸洗，再以三次鍍鋅完成 2 件鍍鋅。

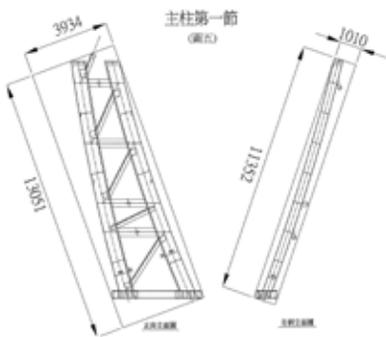


圖 10

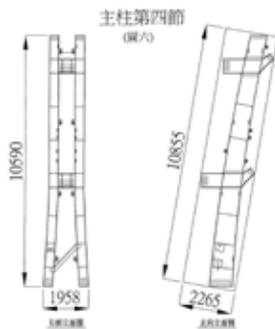


圖 11

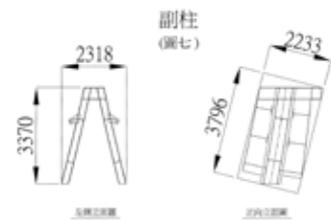


圖 12



八、油漆

本塔在宜蘭縣與花蓮縣交界和平溪出海口處屬重腐蝕地區，故採熱浸鍍鋅及塗裝雙重防蝕系統，其總膜厚需高於 260 μm 以上 (塗裝總膜厚需高於 175 μm 以上)；塗裝系統使用環氧合金底漆，環氧雲母中塗漆 (M.I.O) 及 PU 面漆，塗裝作業如圖 13 所示。

九、運輸

因構件超長、超寬，必須並向各縣市政府道路主管機關申請通行證利



圖 13、熱浸鍍鋅構件塗裝作業

用夜間運輸，並配置前、後引導車護送，經由西濱接蘇花公路，到達工地需歷時 12hr，其中澳新隧道因南下車道寬度不足無法通行，故必須交通管制改用北上車道通過。另外，在進入河灘地前，需先以挖土機及整平機進行道路整修，才能進到工地進行吊裝作業，如圖 14 所示。



圖 14、安裝運輸作業

十、工地現場安裝

本案塔基高度 34m、塔體高度 49m，總高度 82m，單一構件最重 9.5 噸，主柱皆為獨立柱無構件支撐，僅能利用副柱做為支撐，故採用 200 噸吊車加副桿 1 台及 120 噸吊車 1 台同步進行吊裝；單一 BOX 接頭螺栓數為 200 支 -300 支，因此搭設臨時工作平台方便作業，如圖 15 所示。



圖 15、造型鐵塔工地安裝

十一、結論

此座造型鐵塔是台灣電力公司打破傳統框架首次發包製造，而本公司也是第一次接此類型之鐵塔，雙方都在學習摸索中進行，期間發生之製造、鍍鋅、運輸、安裝等困難，都在雙方共同努力協調最有利方式逐一解決，才讓本國首次結合公共藝術，融入自然環境，創造地區特色之鐵塔，得以矗立在進入花蓮的地標。

中華民國熱浸鍍鋅協會合格熱浸鍍鋅廠商名冊

編號	公司名稱	鍍鋅爐尺寸	通訊住址	連絡電話	有效期限
1	台灣鐵塔股份有限公司	14.0×1.8×2.2	325桃園市龍潭區八德里湧光路一段136號	03-4792201	109.09.30
2	臺鍍科技股份有限公司觀音廠	16.0×1.8×3.0	328桃園市觀音區成功路2段919號	03-4837966	109.09.30
3	臺鍍科技股份有限公司高雄廠	12.5×1.5×2.3	821高雄市路竹區中山路259號	07-6973181	109.09.15
4	慧鋼企業股份有限公司	16.5×1.8×3.3	820高雄市岡山區嘉新東路2號	07-6226978	109.09.15
5	力鋼工業股份有限公司	12.5×1.8×2.5	324桃園市平鎮區東勢里19鄰快速路一段246巷158號	03-4503511	109.09.30
6	易宏熱鍍鋅工業股份有限公司	17.0×1.8×3.2	831高雄市大發工業區大有三街15號	07-7873377	110.01.15
7	亨欣工業股份有限公司	13.0×1.8×3.3	812高雄市小港區永光街2-2號	07-8068007	110.01.15
8	盟雅工業股份有限公司	14.0×1.9×3.2	521彰化縣北斗鎮四海路二段1號	04-8880775	110.01.15
9	尚燁工業股份有限公司	13.0×2.0×3.2	338桃園市蘆竹區蘆竹里蘆竹街147號	03-3221411	110.05.15
10	由仁工業股份有限公司	13.0×1.85×2.7	507彰化縣線西鄉富埔村彰濱東8路7號	04-7900255	110.05.25
11	邦凱工業股份有限公司	13.2×1.6×2.5	328桃園市觀音工業區工業二路26號	03-4837373	110.06.15

※說明：

- 1、本表熱浸鍍鋅合格廠係由本會熱浸鍍鋅合格認證委員會委員，依據熱浸鍍鋅合格認證制度規程及合格認證基準審查通過，認定為本會熱浸鍍鋅合格廠，每次認證期限為2年，2年後得更新提請認證。
- 2、本表將於本會網站及每期熱浸鍍鋅雜誌刊登。
- 3、本會熱浸鍍鋅合格認證委員會成員如下：

本會熱浸鍍鋅合格認證委員會成員

主任委員	胡文虎	前內政部營建署材料試驗室主任
委員	陳嘉昌	財團法人金屬工業研究發展中心組長
委員	羅俊雄	工業技術研究院資深工程師

熱浸鍍鋅加工建議價格表

項目 單價	橋梁		鋼筋		廠房結構		格柵板	鋼材 (標準尺寸)	護欄板	標誌架
	箱型	I型梁	直筋	箍筋	H	箱梁				
單價 (元/公斤)	9~12	9~12	12~13	14~16	9~11	10~12	13~15	12~14	15~17	14~16

備註：

- 1.本建議價格將在本會網站及每期鍍鋅雜誌刊登，係以當時鋅原料價格(2018年03月)加上合理利潤算出。
- 2.本建議價格包含熱浸鍍鋅前處理部份，並以一次鍍作完成為準，不包含額外包裝及運輸費用。

熱浸鍍鋅結構物設計要點

密閉結構物無法進行熱浸鍍鋅作業

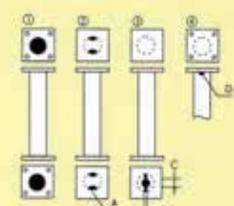
中空壁之製品，有密閉和未密閉空氣流通之構造物，詳載在(440℃)之密度約 $6.7g/cm^3$ ，詳載在此時浮力最大，所以結構物無法作業。

密閉結構物會產生爆炸之危險

焊接有缺陷之地方，水份會滲入內部後，在熱浸鍍鋅時其體積會膨脹到3000倍以上，內部壓力會一瞬間上昇到10個氣壓以上，也就是說會產生「水蒸氣爆炸」零件會發生裂損，若裂紋會飛到到人員上，而造成工作人員之危險。

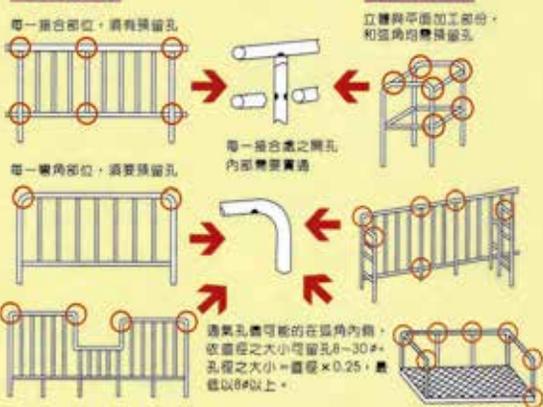
管件加工品

管件的加工品



- ①：最好構造均釋放。
 - ②：切管大小面積30%以上開放，直徑如果未達到76mm以下，則必須釋放45%以上。
 - ③：②之狀況時，則在本體180°之位置切角切角之方法。
- 例：直徑152cm
 A=半徑44mm B=寬度19mm
 C=直徑76mm D=半徑41mm

平面的加工品

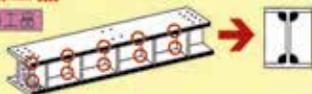


立體的加工品

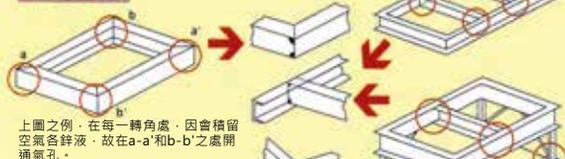
立體與平面加工部份，和直角均應預留孔。

型鋼加工品

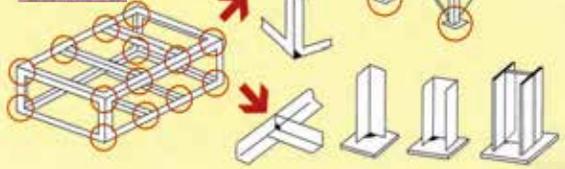
H型鋼加工品



平面的加工品

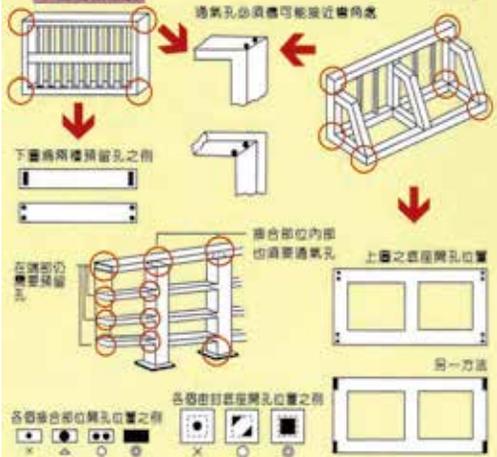


立體的加工品



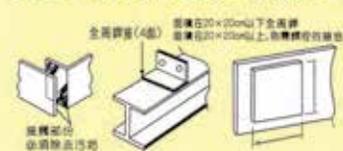
角管加工品

平面的加工品



重疊接合的製品

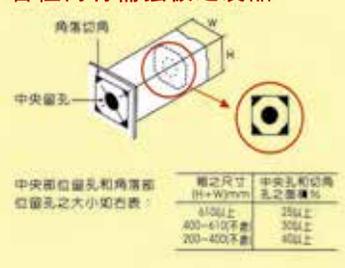
點銲時，銲接部位的縫隙，銲孔，會因水份滲入，而在熱浸鍍鋅時產生銲不上，銲水滲出表面的現象，且更會因所含之水份而造成腐蝕之現象，致使銲接部位因而產生裂紋。
 所以平面的接合部位，必須清除全部的水氣，而以全周銲接合，另外重疊二片鋼板之接合時，如因不同厚度之關係，銲銲後可能會發生變形、龜裂之現象。



角箱和桶類之製品



管徑內有補強板之製品



中華民國熱浸鍍鋅協會簡介 財團法人中華民國熱浸鍍鋅防蝕技術研究基金會簡介

中華民國熱浸鍍鋅協會 簡介

- 一、成立時間：2000年07月26日
- 二、組織及工作人員介紹：



理事長：蕭勝彥先生
 秘書長：蔡明達先生
 助理：賴淑娟小姐



三、第七屆理監事名單：

編號	姓名	職稱	編號	姓名	職稱	編號	姓名	職稱	編號	姓名	職稱
1	蕭勝彥	理事長	8	石磊	理事	15	林招松	理事	22	彭振聲	監事
2	陳麒文	常務理事	9	李家順	理事	16	張文川	候補理事	23	吳福祥	監事
3	梁銘倫	常務理事	10	楊松隆	理事	17	陳益勝	候補理事	24	胡文虎	監事
4	魏豐義	常務理事	11	楊木榮	理事	18	呂永瑞	候補理事	25	羅俊雄	監事
5	戴晉平	常務理事	12	楊聰仁	理事	19	葉乙平	候補理事	26	鄭添富	榮譽理事長
6	施漢章	理事	13	王慶一	理事	20	許能通	候補理事	27	陳麒文	榮譽理事長
7	鄭旭成	理事	14	李文隆	理事	21	鄭錦榮	常務監事	28		

財團法人中華民國熱浸鍍鋅防蝕技術研究基金會簡介

- 一、成立時間：1989年07月07日
- 二、組織及工作人員介紹：



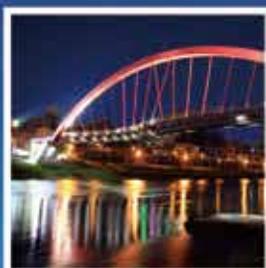
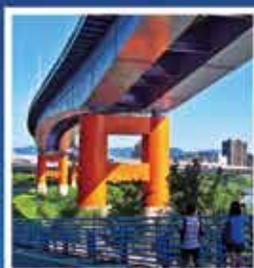
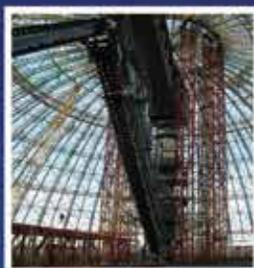
三、第十屆董事（監察人）名單：

編號	姓名	職稱	編號	姓名	職稱	編號	姓名	職稱	編號	姓名	職稱
1	魏豐義	董事長	5	陳麒文	董事	9	陳金增	董事	13	李家順	董事
2	李文隆	董事	6	張信	董事	10	吳福祥	董事	14	鄭錦榮	常務監察人
3	鄭添富	董事	7	黃文忠	董事	11	戴晉平	董事	15	鍾自強	監察人
4	鄭旭成	董事	8	蕭勝彥	董事	12	施漢章	董事	16	彭振聲	監察人

協會、基金會聯絡處

住址：80652高雄市前鎮區一心二路33號11樓B2室 電話：07-3320958~9 傳真：07-3320960
 Email：galvanat@ms63.hinet.net 網址：http://www.galtw.org.tw

綠色建築 · 永續經營



鋼結構特點

- ★ 適合大跨距結構。
- ★ 施工迅速容易，工期短、成本回收快。
- ★ 高韌性，高展延性。
- ★ 重量輕，構材斷面小，使用空間面積大。
- ★ 產業結構健全，材料加工品質嚴密。
- ★ 材料可回收使用，與綠建築-地球資源有效利用，減少廢棄物及生態環境衝擊之理念吻合。
- ★ 接合拆除容易。

TISC

中華民國鋼結構協會

10477台北市中山區民權東路三段58號10樓

電話：(02) 2502-6602

傳真：(02) 2517-2526

<http://www.tiscnet.org.tw>

E-mail: cisc@ms13.hinet.net



一份真正屬於工程界的專業雜誌

創於 1980 年

現代營建雜誌 每月發行

創刊40週年 1980~2020



每期內容涵括建築、土木專業性文章報導，有土木技術、大地工程、建築技術與設計、結構設計、工程法務、營建管理、房地產行情及營建類股變動分析等專欄，理論與實務兼具，是工程師、建築師、營造建設業等從業人員不可或缺的良師益友。

多一份資訊 就是多一份力量
現在訂閱 永不嫌遲

零售每本 **150 元**

訂閱一年(12期) **1500 元**

訂閱二年(24期) **2900 元**

★★★若需掛號寄書一年加收 432 元、二年加收 864 元★★★

★★★相關科系學生訂閱有特價優惠，請附學生證影本★★★

歡迎試閱，來電或傳真相關資料即贈閱當期月刊壹本。

試閱專線(02)2551-8906

傳真(02)2571-9333

優惠協會會員

訂閱一年 12 期 **8折** 1200 元 · 訂閱二年 24 期 **8折** 2300 元

如需掛號寄書一年加收 432 元，二年加收 864 元

大樓鋼構工程施工及管理要領

馮春源 編著 定價500元(精裝/16開/398頁)

台灣大樓鋼結構工程雖然已有十幾年之歷史，但國內有關大樓鋼結構工程管理的中文資料極為缺乏。編者歷經十幾年之施工管理實務經驗，在工作之餘，將以通常用之管理手法整理成冊。本書依工程作業流程編排並分為規劃管理、工廠製造管理、工地安裝管理等三部份，另將非破壞檢測、鉚工檢定及品質管理要領書、世界各主要規格對照表作為附錄。內容均依作業程序另加說明，並將常用之管理重點摘要為管理要領，希望對同業與學界之朋友能有參考價值。

訂閱專線：(02)2551-8906

劃撥 01510899

現代營建雜誌社



前鋒日報

2020 訂戶預繳報費優惠專案

厚釜



鑄造直型
不沾砂鍋

20cm 鈦合金 台灣製造

電視購物百貨公司特價990元

讀者會員價660元

恆溫 儲溫 無油煙

兼俱燒、烤、燜、滷、炸等功能
可當砂鍋、三杯鍋、石頭火鍋使用

訂戶預繳一年報費9000元，即贈台灣製造直徑 20cm 鈦合金 厚釜不沾砂鍋一只

或 選擇優惠折扣價8500元 (優惠二選一)

服務專線：02-82192298(158) 傳真：02-82192286

總管理處：新北市新店區建國路257號五樓之12 電子報網址：<http://www.cfnews.com.tw>

前鋒日報 訂閱單

(報費每月750元)

送報日期：_____年_____月_____日

訂戶名稱：_____ 聯絡人：_____

聯絡電話：_____ 行動電話：_____

送報地址：_____

付 款 方 式

1. 銀行匯款	遠東國際商業銀行新店分行(銀行代碼 805) 戶名:前鋒招標日報社 帳號:028-001-00006999
2. 郵政劃撥	戶名:前鋒招標日報社 劃撥帳號:19906667

訂戶刊登商品廣告、法院公告等另有優惠。請洽客服人員
公告刊登專線：02-82192298(158) 傳真：02-82192286

亨欣工業股份有限公司

HENCEFORTH SHINE INDUSTRY CORP



- 鍍鋅槽：W1.8M H3.3M L13M
- 每月產能5000噸 ● 單一構件最大負重14噸
- 自結構物到鋼管，各種形狀的鍍鋅構件都可以鍍作

ISO 9001(2000年版)國際品質保證



天恩寺



花蓮和平電廠



公共管架



台塑德州案鍋爐鋼構工程

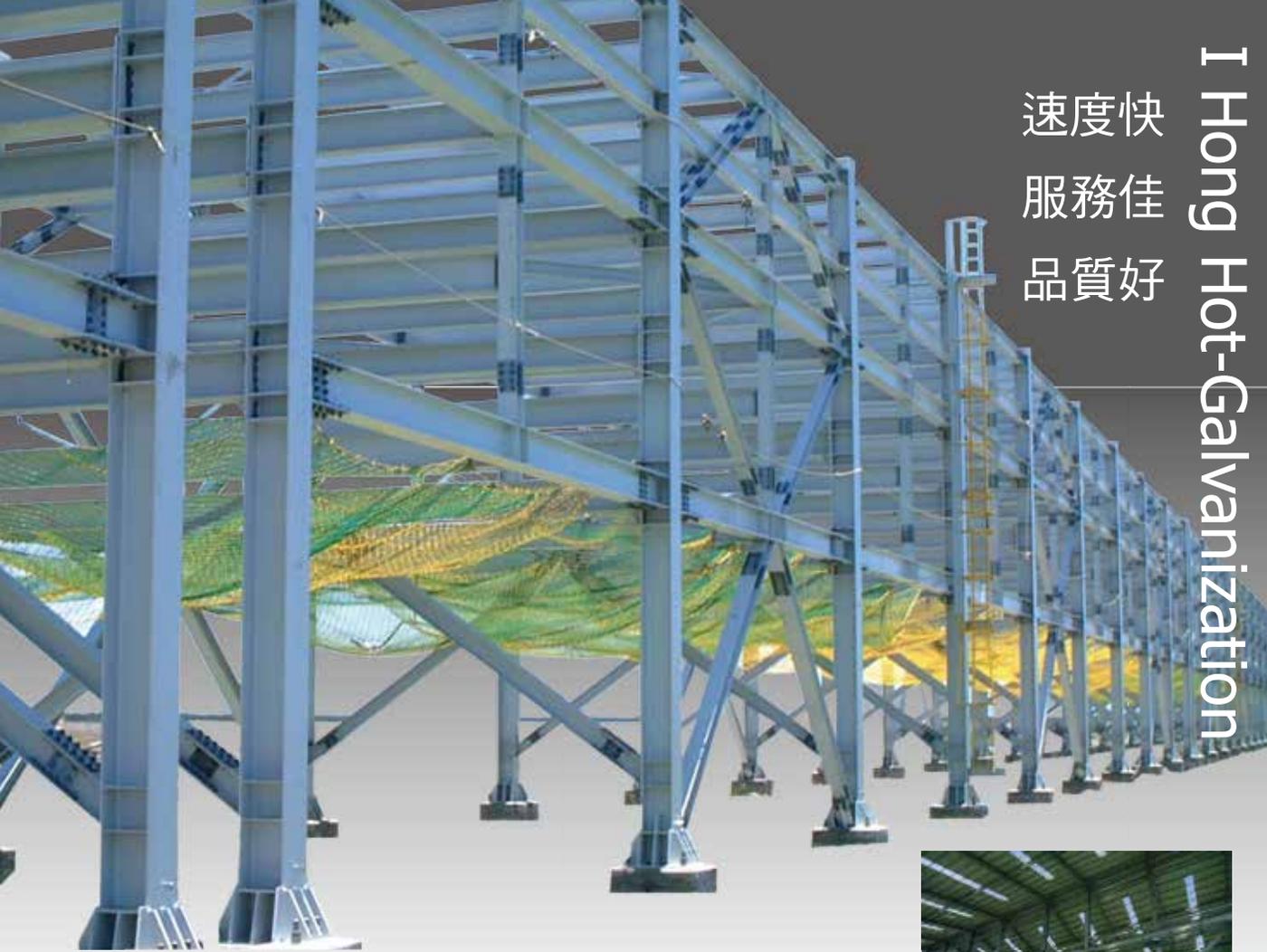
高雄市小港區永光街 2 - 2 號

TEL:886-7-8068007 FAX:886-7-8062466

ADD:NO. 2-2 Yung-Kwang st.Kaohsiung Taiwan R.O.C.

E-mail:hen.shin@msa.hinet.net

速度快
服務佳
品質好



- 鍍鋅爐：長17M×寬1.8M×高3.2M
- 最大鍍鋅構件：30噸
- 最大產能：每月8000噸以上
- 廠區面積：8000坪
- LRQA ISO 9000 · ISO 14001 · OHSAS 18001 認證通過
- 台電 · 中船 · 中鋼 · 中油 · 鐵路局
- 台塑審定合格



服務項目

鑄造鍛造 · 型鋼鐵材 · 鋼管鋼材
 養殖農畜 · 鋼架結構 · 公路護欄
 電力電訊



易宏熱鍍鋅工業股份有限公司
 I Hong Hot-Galvanization Industrial Co., Ltd.

高雄市大寮區大發工業區大有三街15號
 No. 15, Dayou 3rd St., Da-Fa Industrial Park, Kaohsiung County
 TEL : 886-7-7873377
 FAX : 886-7-7873380
 E-mail : ihong@ms19.hinet.net

GALVANIZING ASSOCIATION

徵稿

※市場活動專述

※新產品、新觀念

※技術交流園地

※鍍鋅產業資訊

※鍍鋅專題報告

封底：費用一萬八千元

封面裏：費用一萬五千元

封底裏：費用一萬二千元

內頁：費用一萬元

刊登
廣告

中華民國熱浸鍍鋅協會

TEL:(07)3320958

FAX:(07)3320960

E-mail:galvanat@ms63.hinet.net



大將作箱型樑鍍鋅

熱浸鍍鋅—HOT DIP GALVANIZING

鋼鐵製品之最佳防蝕處理！

→ 小白螺絲、螺帽及其他零組件.....

..... 大至鋼鐵橋梁、廠房鋼結構 ←

我們的理念是 — 只要有鐵的地方就能夠，也應該做『熱浸鍍鋅表面防蝕處理』



屏東科技大學游泳池



高雄應用科技大學燕巢校區

服務項目

結構爐 (16500×1800×3300mm³)

最大載重能力：30噸

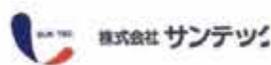
- 路燈、標誌桿、護欄板、鋼管、格子板、水溝蓋、熱交換器、桁架、鐵塔、電力電信構件、橋梁廠房等各類鋼構物。

配件爐 (3000×1000×1200mm³)

- 螺栓、螺帽、鉚釘、墊圈等小型鋼鐵製品及扣件。

我們不誇耀設備的新穎與宏大，我們只強調服務與品質

信譽的標誌 鐵塔 · 橋樑名廠



住電朝日精工株式会社
SUMIDEN ASAHI INDUSTRIES, LTD.



株式会社 巴コーポレーション
TOMOE CORPORATION



佐賀工業株式会社



高鐵車站天花板



輸電鐵塔



太魯閣砂卡礑溪鐵橋



防止墜落裝置



高鐵輸配電鋼架



大型鋁合金太陽光電板架



高鐵隧道內外鋼模台車



板橋國中太陽光電結構

營業項目：

1. 輸電鐵塔、微波鐵塔、鋼管樁、鋼骨結構、各類鐵塔
2. 輸送機械、停車塔、標準廠房、空間桁架、拱橋
3. 隧道棧橋、防水布台車、鋼筋台車、鋼模作台車、棧橋
4. 鐵路及高鐵輸配電鋼構、防音構造、其他鐵件製品
5. 防墜裝置、電器承裝、太陽光電板架及熱浸鍍鋅加工等。



力鋼工業股份有限公司
LIH KANG INDUSTRIAL CO., LTD



1996通過
國際品質標準
ISO9001認證

總公司：台北市士林區社中街76號

工廠：桃園市平鎮區東勢里19鄰快速路一段246巷158號

Http://www.lihkang.com.tw

TEL：(02)28118101(5線) FAX：(02)28123974

TEL：(03)4503511(7線) FAX：(03)4503518

E-mail：lihkang@ms34.hinet.net