

熱浸鍍鋅

趙焜堦題

2021/01

NO.72

<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



高雄市岡山區嘉新東路2號
NO.2 Chiahsin East Road, Kangshan Kaohsiung Taiwan
TEL : (07)6226978 FAX : (07)6221774



MIRDC
ISO 9001



MIRDC
ISO 14001

熱浸鍍鋅 — HOT DIP GALVANIZING

鋼鐵製品之最佳防蝕處理！

小自螺絲、螺帽及其他零組件

大至鋼鐵橋樑、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』



高雄海洋文化及流行音樂中心



中油林園新六輕廠房結構

服務項目

結構爐 (16500×1800×3300mm)

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 (3000×1000×1200mm)

- 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

INDEX

1	第一單元	▶ 活動公告
		◎ 新北市政府-熱浸鍍鋅應用於公共工程技術研討會活動報導
		◎ 109年7~12月本會辦理熱浸鍍鋅相關講習課程紀實
10	第二單元	▶ 生產技術及防蝕技術專題：
		◎ ASTM A490高強度螺栓熱浸鍍鋅探討
		◎ 24年的都會區熱浸鍍鋅鋼橋防蝕成效追蹤 -以台64線中和區中正路雙層高架道路為例
34	第三單元	▶ ◎ 工程實績介紹：
		◎ C212標台南臨時後站及跨站天橋工程
40	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
41	第五單元	▶ 熱浸鍍鋅結構物設計要點
42	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



C212標台南臨時後站及跨站天橋工程

業主單位：交通部鐵道局
設計監造：台灣世曦工程顧問股份有限公司
營造公司：根基營造股份有限公司
巨漢工程股份有限公司
鋼構製造：信鋼工程有限公司
鍍鋅單位：易宏熱浸鍍鋅工業股份有限公司
鍍鋅數量：540噸
總興建經費：新臺幣41.9億

廣告索引

封底	▶ 力鋼
封面裡	▶ 慧鋼
封底裡	▶ 盟雅
4 3 頁	▶ 鋼結構協會
4 4 頁	▶ 現代營建雜誌社
4 5 頁	▶ 亨欣
4 6 頁	▶ 臺鍍
4 7 頁	▶ 易宏

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 ■ 戴晉平
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 ■ 806026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



新北市政府－熱浸鍍鋅應用於公共工程技術研討會 活動紀實

秘書室



本會秘書長何芳元(左起)、新北市土木技師公會理事長張錦峯、台電綜合研究所主任鄭錦榮、新北市政府副秘書長朱惕之、本會榮譽理事長蕭勝彥、天一土木結構大地工業技師事務所結構技師劉賢淋、台灣世曦工程顧問公司總工程師林曜滄、臺鍍科技(股)公司總經理蔡明達、新北市政府採購處處長胡培中等共同參與「熱浸鍍鋅應用於公共工程技術研討會」。

台灣四面環海地處亞熱帶，濕度高，屬海島型氣候，且秋冬東北季風及春夏西南風自海上帶來高鹽分，構成金屬容易腐蝕之大氣環境，所以對於公共工程構造物之耐久性及其週期壽命成本是一大考驗，本協會本著推廣防蝕以達“結構物減少維護之目標”的設計觀念，以節省維護費用維護地球資源及永續經營之發展，特邀請專家學者於109年9月16日(星期三)至新北市政府307階梯簡報室舉辦「熱浸鍍鋅應用於公共工程技術研討會」，會議邀集產、官、學界專業人士及團體等專家學者共同研討，超過100多

人共同參與研討有關熱浸鍍鋅防蝕之技術交流及公共工程實務經驗。

新北市政府副秘書長朱惕之表示，無論業界或政府機構都會使用到金屬材料，這當中鋼構最常使用。新北市週界長達 142 公里，許多地區濕度重必須特別考慮防蝕問題。他說：「記得我還在當學生時候，當時澎湖跨海大橋發生嚴重腐蝕問題，水泥剝落之後裡面的鋼筋早已生鏽殆盡。新北市許多地區也有有鹽份、硫酸鹽的問題。值得大家好好探討，希望在設計階段就思考到如何達到良好的防蝕效果來延長公共工程壽命，共同了解熱浸鍍鋅在金屬材料可以達到的成效，並將吸收的知識應用到新北市政府工作。」

在新北市政府工務局詹局長榮峰極力支持下，促成這次難得寶貴的機會，讓產、官、學界專業人士能夠共聚一堂，參與研討有關熱浸鍍鋅防蝕之技術交流及公共工程實務經驗。詹局長蒞臨致詞時指出，很榮幸與鍍鋅協會共同舉辦研討會。新北市幅員廣闊，鋼構橋樑很多。「早年我剛進入公職工作時每年光是橋樑新建案就有三到四座。目前也與世曦工程合作進行新北橋樑健康檢測。近年來新北市大型特殊建築物案件愈來愈多，鋼結構的使用量更多了。這次研討會有助同仁進一步了解從設計、施工、安裝到完工，如何達到安全性與日後維護上的便利性。」鍍鋅協會在國家標準方面也作了很大貢獻。鋼鐵是公共工程大量使用的材料，台灣身處在高溫高濕的亞熱帶地區，正視鋼鐵銹蝕問題，才能達到公共工程的使用安全需求並節省維護費用，進而增進台灣經濟發展並保護地球資源。在本次研討會後，希望各工程單位經過今日的研討後，將鋼鐵鏽蝕的問題導入設計時防範、施工中品質管理及使用後維護管理補強，以延續公共工程的使用壽命及環境永續，讓台灣更好。

本會榮譽理事長蕭勝彥致詞時感謝新北市政府朱惕之副秘書長支持，舉辦這次研討會。他說：「以前我在日本讀書的時候，美國人笑日本是生鏽的國家。我心想生鏽在台灣不是更嚴重嗎？日後有機緣從事熱浸鍍鋅行業，邀請各界學者專家創辦熱浸鍍鋅雜誌，加以推廣熱浸鍍鋅防蝕技術。不論造型與施工，使用鋼鐵最方便但是鋼鐵的問題就是會生鏽。目前還有

很多人不知道熱浸鍍鋅，需要我們大力推廣。」蕭勝彥表示，今後協會必須更有計畫性地來安排，多跟工程顧問公司做更詳細的說明，使他們在設計新的建築物、廠房時，會直接聯想到要使用熱浸鍍鋅鋼結構。其他如製造單位的鋼構廠、螺絲廠、螺帽廠、鋼構配件廠，使用單位如國營企業、各大小民間企業等都是客戶所在。只要大家多用點心，一起朝這幾個方向來努力的話，熱浸鍍鋅的產業是榮景看好的，是非常有潛力的產業，也是值得繼續發展的產業；除非不使用鋼鐵材料，他將永遠是一個光明的產業。「假日的時候，我時常在新北市的郊區景點踏青。往往發現早年興建的公共設施沒有特別重視防蝕問題。時代在變，防蝕的工法也應與時俱進。在座的各位肩負著公共建設的重責大任，大家常說公共建設是百年大計、百年事業。要想能耐用百年我想熱浸鍍鋅一定能辦得到。這不是我在吹牛，稍後幾位專家的演講一定可以讓各位了解，熱浸鍍鋅對於延長公共工程生命週期的貢獻。盼望全體產業界、學術界及關心熱浸鍍鋅產業的朋友們，一起努力，使熱浸鍍鋅產業更加蓬勃發展。」

研討會內容包括：台灣電力股份有限公司鄭博士專題演講「工程用鋼結構之腐蝕與防治」、臺鍍科技股份有限公司蔡總經理專題演講「熱浸鍍鋅防蝕技術及應用」、台灣世曦工程顧問股份有限公司林總工程師曜滄專題演講「熱浸鍍鋅鋼橋設計與案例追蹤探討」，綜合討論時，在新北市政府朱副秘書長主持下，各與會人員發言踴躍，提出熱浸鍍鋅及防蝕技術問題，由榮譽理事長蕭勝彥、本會秘書長何芳元、台電鄭錦榮博士、臺鍍蔡明達總經理及台灣世曦總工程師林曜滄作圓滿詳盡答復，其他與會人員會後陸續再提出實務上問題，則由本會另行作專業性回復。

感謝台北市政府採購處工程品管科廖雅玲科長、承辦人古婉婷小姐及其他支援同仁的全力支持，提供舒適優雅的研討會場地，設備新穎、空調，並配合研討會製作電子看板、手持標語及課程表等等。尤其是受理報到工作人員訓練有素，動作熟練，從簽到、量額溫、領取資料一氣呵成，作業相當流暢順利。會中休息時間並有提供茶水，結束時致送點心餐盒，足見承辦單位工務處對本研討會的重視與用心，特予表達謝意。



▲ 新北市政府朱副秘書長致詞

▼ 新北政府工務局詹局長榮峰致詞



▲ 榮譽理事長蕭勝彥致詞



▲ 報到情形



▲ ► 台灣電力股份有限公司鄭博士專題演講「工程用鋼結構之腐蝕與防治」





◀▲ 臺鍍科技股份有限公司蔡總經理專題演講「熱浸鍍鋅防蝕技術及應用」



▲▶ 台灣世曦工程顧問(股)林總工程師曜滄專題演講「熱浸鍍鋅鋼橋設計與案例追蹤探討」



▲▶ 學員上課情形



109 年 7~12 月本會辦理熱浸鍍鋅相關講習課程紀實

秘書室

一、熱浸鍍鋅合格認證制度訓練、考試、授證課程

日期：109 年 7 月 22 日 (三) 09:30~15:30

地點：臺鍍科技股份有限公司觀音廠 (桃園市觀音區成功路二段 919 號)

講師：熱浸鍍鋅廠合格認證委員會胡主任委員文虎

美力華實業有限公司洪副總經理淑菁

參與人數：10 位



胡文虎主任委員上課情形



洪淑菁副總經理上課情形

二、鋼鐵防蝕與熱浸鍍鋅技術說明會

日期：109 年 9 月 28 (一) 15:10~17:00

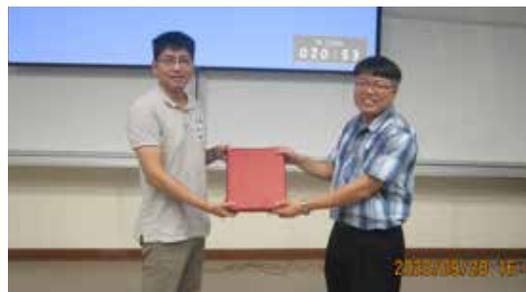
地點：國立東華大學材料科學與工程學系理工二館第一講堂
(花蓮縣壽豐鄉志學村大學路二段一號)

講師：技術開發委員會張委員家棟

參與人數：30 位



講師張家棟委員專題演講



東華大學致贈紀念獎牌

三、鋼鐵防蝕與熱浸鍍鋅技術說明會

日期：109年10月8日（四）14:10~16:10

地點：成功大學建築所建築科技研究大樓二樓（台南市東區大學路1號）

講師：中華民國熱浸鍍鋅協會何秘書長芳元

參與人數：約20位



講師何秘書長專題演講



碩士班學生上課情形

四、熱浸鍍鋅廠合格認證

日期：109年10月15日（四）10:00~16:00

地點：力鋼工業股份有限公司（桃園市平鎮區快速路一段246巷158號）

台灣鐵塔股份有限公司（桃園市龍潭區八德村湧光路一段136號）

臺鍍科技股份有限公司觀音廠（桃園市觀音區成功二路919號）

認證委員：熱浸鍍鋅廠合格認證委員會胡主任委員文虎、羅委員俊雄

日期：109年10月23日（五）13:00~17:00

地點：臺鍍科技股份有限公司高雄廠（高雄市路竹區中山路259號）

慧鋼企業股份有限公司（高雄市岡山區嘉新東路2號）

認證委員：熱浸鍍鋅廠合格認證委員會胡主任委員文虎、陳委員嘉昌

日期：109年11月26日（四）14:00~17:00

地點：物格股份有限公司（彰化縣鹿港鎮工業西六路25號）

認證委員：熱浸鍍鋅廠合格認證委員會胡主任委員文虎、陳委員嘉昌



力鋼公司認證



臺鍍科技公司認證

五、連江縣政府公共工程建設與熱浸鍍鋅防蝕技術研討會

日期：109 年 11 月 4 日 (星期三) 11:00~15:30

地點：連江縣政府地下 1 樓多媒體簡報室 (連江縣南竿鄉介壽村 76 號 B1)

講師：臺鍍科技股份有限公司李課長祐承

技術開發委員會張委員家棟

參與人數：37 位



講師李祐承課長專題演講



講師張家棟、工務處陳忠義處長、
講師李祐承



講師張家棟委員專題演講



上課情形

六、鋼鐵防蝕與熱浸鍍鋅技術說明會

日期：109年11月18日(三) 13:30~15:30

地點：國立高雄科技大學土木工程系暨土木工程科技研究所 702 會議室
(高雄市三民區建工路 415 號)

講師：中華民國熱浸鍍鋅協會何秘書長芳元

參與人數：約 20 位



講師何秘書長專題演講



國立高雄科技大學致贈紀念品

七、鋼鐵防蝕與熱浸鍍鋅技術說明會

日期：109年12月15日(二) 15:00~17:00

地點：國立中央大學機械工程學系機械館 E2-101 教室
(桃園市中壢區中大路 300 號)

講師：中華民國熱浸鍍鋅協會何秘書長芳元

參與人數：約 20 位



講師何秘書長專題演講



何秘書長與林景崎教授合照

ASTM A490 高強度螺栓熱浸鍍鋅探討

張家棟¹

¹ 臺鍍科技股份有限公司

一、ASTM A490 螺栓的定義

ASTM A490 螺栓指的是抗拉強度分布在 150~173ksi 之間的重型六角頭的結構用螺栓，主要裝配的尺寸在 1/2 到 1 又 1/2 英吋之間¹。根據化學成份還可以細分為 type1(合金鋼)，type3(耐候鋼)。至於 type2 已於 2002 年被撤銷。為了使安裝者區分 type1 與 type3，因此在條文 17.2.1 規定 type1 螺栓打印 490。條文 17.2.2 規定 type3 螺栓打印 490 加畫底線以資區別。本文未來的討論皆以 type1 為主。此外，自 2016 年起，ASTM A325、A490 被納入 ASTM F3125 當中的 Gr.A325 與 Gr.A490，成為 ASTM F3125 之下的次群組。所以 ASTM A490-14a 從 2014 年之後廢止。表 1 顯示其抗拉強度相當於 10.9 級之高張力螺栓。

表 1、ASTM A490 螺栓機械性質¹

尺寸	抗拉強度 ,ksi	降伏強度 ,ksi	伸長率 %,min	斷面縮率 %,min
1/2-1 1/2	150-173	130	14	40

表 2、type1 化學成份¹

元素名稱	熱分析含量 %	產品分析含量 %
碳		
1 3/8 英吋 (含) 以下	0.30-0.48	0.28-0.50
1 1/2 英吋	0.35-0.53	0.33-0.55
磷 (上限)	0.040	0.045
錳 (最少)	0.60	0.57
硫 (上限)	0.040	0.045
硼 **	0.0005-0.003	0.0005-0.003
合金元素	*	*

* 依美國鋼鐵協會 (AISI) 規定合金元素最大含量如果超過下列一個或多個合金元素含量才稱為合金鋼，錳 1.65%、矽 0.6%、銅 0.6%，或此外添加以下元素：鋁、鉻最多 3.99%、鈷、鈮、鉬、鎳、鈦、鎢、鈳、鋇或其他金屬元素可獲得適當的合金效果。

** type1 螺栓化學成份表內有加硼與不加硼兩種版本。除了硼之外其餘元素含量均相同。

表 3、type3 化學成份¹

元素名稱	熱分析含量 %	產品分析含量 %
碳		
0.75 英吋 (含) 以下	0.20-0.53	0.19-0.55
大於 0.75 英吋	0.30-0.53	0.28-0.55
磷 (上限)	0.035	0.040
錳 (最少)	0.40	0.37
硫 (上限)	0.040	0.045
銅	0.20-0.60	0.17-0.63
鉻 (最少)	0.45	0.42
鎳 (最少) 或	0.20	0.17
鉬 (最少)	0.15	0.14

檢視表 2 與表 3 的磷、錳、鉻等化學成份均落在安全範圍，不會影響熱浸鍍鋅反應。

ASTM A490 主要是用於英制單位。為了公制單位的應用需要，ASTM 另編有 A490M 規範，以 M 代表公制單位，適用強度等級為 10.9 級，所以 A490 螺栓強度相當於 10.9 級螺栓強度。

二、ASTM A490 螺栓限制不得熱浸鍍鋅的原由與規範條文的演變

基於氫脆化的疑慮²，在 2004 年版的 ASTM A490 條文 4.3 “保護性鍍層”記載：螺栓不允許熱浸鍍鋅、機械沈積鍍鋅、電鍍鋅或其它金屬鍍層⁴。此後幾乎大部份文獻都寫著：A490 螺栓禁止熱浸鍍鋅。

此條文為了氫脆化的疑慮，排除使用任何鋅鍍層，卻也沒有對 A490 螺栓的大氣防蝕提出對策。鋅畢竟還是對抗大氣腐蝕相當有利的工具之一，於是 ASTM 在 2014 年版的規範把原本 4.3 條文：螺栓不允許熱浸鍍鋅、機械沈積鍍鋅、電鍍鋅或其它金屬鍍層“完全刪除，取代的是在條文 4.3.1 引用了工業扣件協會 (Industrial Fasteners Institute 以下簡稱 IFI) 的文件 IFI144。允許使用鋅 / 鋁防蝕保護層 (corrosion protective coating) 方法於 A490 螺栓。在 4.3.2 條文進一步規定其他的金屬鍍層必需經過 ASTM 第 16 委員會的許可，才可以用於 A490 螺栓。

然而在某些大氣腐蝕嚴苛地帶，鋅 / 鋁的保護層無法長期對抗大氣腐蝕。例如圖 1，為期二年的海邊曝露下，熱浸鍍鋅 (左) 與 zinc flake (右) 的外觀比較⁴。



圖 1、熱浸鍍鋅與 zinc flake 比較

三、美加兩國鋼結構協會的觀點

在過去(2000年)美國鋼結構協會(American Institute of Steel Construction 以下簡稱 AISC)的結構連接理事會(RSRC)發行之 Specification for Structural Joints Using ASTM A325 or A490 Bolts(2000) 在 2.3.3 節引用 ASTM A490 規範，不允許熱浸鍍鋅用於 A490 螺栓。加拿大鋼結構協會(CISC)亦追隨 AISC 不允許熱浸鍍鋅用於 A490 螺栓⁵。AISC 進一步解釋原因：在於 A490 螺栓的脆化和延遲破壞問題至今尚未完全調查清楚⁵。

對於熱浸鍍鋅螺栓螺帽的應用，AISC 認為必需考慮四個重大因素：1、熱浸鍍鋅製程對於高張力鋼材機械性質的效應。2、擴孔對於螺帽鍍鋅層之剝離強度的效應。3、鍍鋅與潤滑對預緊固所需扭矩的效應。4、運送條件⁶。

四、世界各國熱浸鍍鋅協會的看法

美國鍍鋅協會回顧熱浸鍍鋅 A490 螺栓歷史：過去許多鍍鋅業者有時候曾經成功地將 A490 螺栓加以熱浸鍍鋅。但是在 70 年代末期、80 年代初期的研究工作顯示：熱浸鍍鋅 A490 螺栓有高達 25% 失敗率，因而 A490 規範排除任何金屬鍍層應用⁷。

英國熱浸鍍鋅協會⁸、澳洲熱浸鍍鋅協會⁹則表示 A490(相當於 10.9 級)在英國、日本、法國、德國可以熱浸鍍鋅，但是要以噴砂代替酸洗。以德國工業標準(DEUTSCHE NORM)DIN EN13944-4 為例：條文 3.2 之表 3 內容所述，強度 10.9 級螺栓的表面處理可用熱浸鍍鋅¹⁰。南非鍍鋅協會會刊(2005)¹¹也是認為 10.9 級螺栓可以熱浸鍍鋅。

五、熱浸鍍鋅 ASTM A490 螺栓最新的進展

今美國鍍鋅協會調整製程，以噴砂取代酸洗，製作多組熱浸鍍鋅

A490 螺栓¹²，並依 ASTM A490 規範相關內容¹，遵循美國工業扣件協會 (IFI) 規範 IFI144 完成所有測試¹³，於 2013 年發表。結果一如預期，噴砂製程的熱浸鍍鋅 A490 螺栓沒有氫脆化與延遲破壞現象。目前 ASTM 第 16 委員會正在導入額外的實驗研究熱浸鍍鋅應用在 A490 螺栓的可行性¹⁴。

六、螺栓材料與熱處理的考量

除了以噴砂取代酸洗，降低氫脆化的疑慮外，如同 ASTM A490 11.3 節所說¹：從原材料的選用，到製作過程，到最後包裝運輸都要保證品質。以本文表 2 來說，原材料就分為含硼與不含硼二種。含硼材料以 10B33 為代表，不含硼材料以 SCM435 為代表，兩者的熱處理曲線、回火溫度都不相同^{15,16}。為了確保熱浸鍍鋅 A490 螺栓品質，鍍鋅前有必須確認材質及熱處理之過程¹⁷，並依實際回火溫度選用適切的熱浸鍍鋅條件。表 4 列舉了各個規範關於 A490 與 10.9 級螺栓之回火溫度。

表 4、相同等級螺栓 vs. 不同回火溫度

性能等級	材料或熱處理	回火溫度	規範來源
A490	硼鋼、碳鋼、合金鋼 油淬並回火	不低於 800 (約 425°C)	A490-14a,p.2
10.9	硼鋼、碳鋼、合金鋼 淬火並回火	425°C	ISO 898-1:2009 (E) table2 ¹⁸
10.9	低碳合金鋼	340°C	GB/T3098.1 (大陸國家標準)
10.9	中碳合金鋼淬火並回火	425°C	GB/T3098.1 (大陸國家標準)
10.9	合金鋼淬火並回火	380°C	GB/T3098.1 (大陸國家標準)

七、結語

使用熱浸鍍鋅 A490 螺栓，可以用較少的螺栓數量，達到相同的強度。減少螺栓成本與安裝人工成本，縮短施工時間，延長鋼結構生命週期。

參考文獻

1. ASTM A490-14a, ASTM International-Standards Worldwide, 2014
2. H.E. Townsend “ Effects of Zinc Coatings on Stress Corrosion Cracking and Hydrogen Embrittlement of Low Alloy Steel” Metallurgical Transactions, Vol.6, Apr. 1975
3. ASTM A490-04, ASTM International-Standards Worldwide, 2014
4. 德國 August Friedberg GmbH, Achternbergstraße 38a, 45884 Gelsenkirchen Germany
5. <http://quebec.cisc-icca.ca/solutions-centre/frequently-asked-questions/bolting-questions/galvanizing-of-a490-bolts/>
6. Specification for Structural Joints Using ASTM A325 or A490 Bolts, p.7, RESEARCH COUNCIL ON STRUCTURAL CONNECTIONS c/o AISC, June 23 2000
7. <https://galvanizeit.org/knowledgebase/article/a-490-bolts>
8. British STANDARD BS EN 14399-4:2005 High-strength structural bolting assemblies for preloading —Part 4: System HV — Hexagon bolt and nut assemblies p.9 table 3
9. Galvanizers Association of Australia Advisory note #6 “ Hot Dip Galvanizing of High Strength Fasteners” p.1
10. DIN-EN 14399-4:2005-06 High-strength structural bolting assemblies for preloading—Part 4: System HV—Hexagon bolt and nut assemblies English version of DIN EN 14399-4:2006-06, p.13, table 3 Specifications for bolts and reference standards, June 2006

11. Hot dip Galvanizers Association Southern Africa “ hot dip galvanizing today”23, page 9, Vol.2 issue 2,2005
12. Thomas J.Langill,American Galvanizers Association Hydrogen Embrittlement Study Hot-Dip Galvanized High-Strength Bolt Fastener Technology International p.40 Vol.XXXVI No.2 Apr.2013
- 13.IFI 144,Test Evaluation of Procedures for Coating Qualification Intended for use on High-Strength Bolts
- 14.<https://www.portlandbolt.com/technical/faqs/can-a490-bolts-be-galvanized/>
15. 許鈞翔,林東毅,回火參數對 10B33 扭力控制型斷尾螺栓扭力值影響之研究。台灣金屬熱處理協會 2013 年研討會論文集
16. 成建德,林東毅,SCM435 鋼製螺栓回火條件與其機械性質相互關係之研究。台灣金屬熱處理協會 2013 年研討會論文集
17. 莊秋明,日本熱浸鍍鋅強力螺栓接頭之設計施工指南,防蝕工程第 7 卷第 1 期。p.46,1993 年 3 月
- 18.ISO 898-1:2009 (E) mechanical properties of fasteners made of carbon steel and alloy steel part1. Bolts,screws and studs with special property classes-coarse thread and fine pitch thread page7 table2

24 年的都會區熱浸鍍鋅鋼橋防蝕成效追蹤 - 以台 64 線中和區中正路雙層高架道路為例

林曜滄¹、蔡明達²、胡文虎³、游旻達⁴、王慶一⁵

¹ 台灣世曦工程顧問股份有限公司總工程師

² 臺鍍科技股份有限公司總經理

³ 營建署材料試驗室前主任

⁴ 公路總局一工處中和工務段段長

⁵ 公路總局前總工程司

一、前言

台灣工程界過去以油漆塗裝方式作為鋼結構的防蝕方案佔比最高，但由於熱浸鍍鋅防蝕工法之技術開發、施工品質控管精進及各界努力推廣，已逐漸佔有一席之地，究其原因，乃因其在某些合適條件下，更具有優越的防蝕性與經濟性，故逐漸在公共工程之防蝕工法中佔有一席之地，甚至也應用在大型構件之橋梁工程。

國內公路橋梁及都會區高架道路，經常採用鋼橋方案，主要原因是克服施工期間交通維持及工期的限制，或是因為用地取得不易，必須與堤防、地下隧道、地下街、地下停車場共構等。目前國內鋼橋的防蝕工法有塗裝、熱浸鍍鋅、鋅鋁熔射、甚至採複合式防蝕等方法，但在某些地區條件及強調“減少維護”的概念下，熱浸鍍鋅及其複合式防蝕工法有時候是優於其他工法。

1995 年建造的台 64 線中和區中正路雙層高架道路工程，因位於交通繁忙地點，且為雙層高架鋼橋，考量將來維護不易，因而選擇採用全熱浸鍍鋅防蝕工法。當初設計時，因為是台灣第一座全熱浸鍍鋅鋼橋，國內尚無案例，因此該工程設計、鋼材製作、銲接、熱浸鍍鋅作業及現場吊裝等各階段皆進行詳細的探討及研究，並邀請日本專家，前來指導。另為慎重起見，特別預埋鍍鋅鋼試驗片，以利追蹤國內都會區第一

座全熱浸鍍鋅鋼橋使用狀況及防蝕成效，並於 2018 年進行熱浸鍍鋅層膜厚與外觀之檢測，記錄了熱浸鍍鋅於該地區之鍍層膜厚變化與耐腐蝕情形，於 2019 年進行多處續接處膜厚變化及外觀調查。

二、案例工程概要

本案例工程為興建於 1995 年的新北市中和區的中正路立體交叉工程。中和區中正路立體交叉工程，是台 64 線八里 - 新店快速公路其中一段工程。台 64 線是全台灣十二條東西向快速公路之一，如圖 1 所示，當時由臺灣省政府住都局（現為營建署）負責興建（部分路段由國道新建工程局（現整併為交通部高速公路局）負責）。中正路立體交叉工程，是由中華顧問工程司設計（現為台灣世曦工程顧問股份有限公司）、榮民工程事業管理處（2009 年民營化成為榮工工程股份有限公司）承攬營建、鋼橋由長榮重工股份有限公司（現為長榮鋼鐵股份有限公司）製造、熱浸鍍鋅由台灣鍍鋅股份有限公司（現為臺鍍科技股份有限公司）施鍍，於 1994 年動工興建 2000 年 1 月 31 日通車，通車後移轉公路總局第一區養護工程處中和工務段負責養護（銜接國 3 匝道由交通部高速公路局負責）。

中正路立體交叉工程位於新北市中和區中正路上，南起錦和路口，沿中正路跨越連城路至中山路口止，全長 1.68 公里。本工程於當時為解決中正路與國 3 第二高速公路中和交流道匝道 G、H 及連城路等兩處平交路口之交通衝突點，及配合東西向快速公路八里新店線之整體規劃，於錦和路口銜接東西向快速公路，以四車道寬 17.9 公尺高架橋沿中正路曲線路段爬昇至地面上第二層高架，跨過連城路後逐漸下降與北二高連絡道左右各一車道合併為六車道，寬 24.9 公尺地上一層之高架橋，跨過中山路後銜接東西向快速公路。另配合國 3 二高中和交流道連絡匝道 G、H 高架道路，於中正路道路段匯入地上一層高架橋，跨越連城路後中間兩車道下降至地面。全線高架橋長 1.672 公里，單層高架橋

長 1.006 公里，雙層高架橋長 0.666 公里，如圖 2 所示。其中錦和路口起至建六路口止長約 1,273 公尺，鋼梁採熱浸鍍鋅防蝕 [2、3]。

本工程上部結構採用三至四跨 I 型梁橋，其中跨越連城路及中山路兩路口採較大跨徑 35+50+35m，一般路段採 4@30m 或 3@31m，下部結構採用門架式或單柱式鋼橋墩，基礎採樁基礎，如圖 3 所示，全線高架橋面積約 45,000m²，使用鋼重約 14,500 公噸，其中約 6,958 公噸 I 型鋼梁、斜撐、連接板及 A325 高強度螺栓採熱浸鍍鋅防蝕，鋼橋墩與少部份之鋼梁及其高強度螺栓採塗裝防蝕。

I 型梁橋有直線梁與彎曲梁，且部分梁有翼板寬度、厚度漸變情形增加熱浸鍍鋅的考驗，直線梁尺寸約 1,700×550×7,000~11,500mm；漸變梁尺寸 1,700~2,000×400~600×7,500~11,700mm。熱浸鍍鋅設計附著量為 600g/m² (鋼梁、斜撐、續接板) 及 550g/m² (高強度螺栓、鋼支承)。I 型梁鋼板採用 ASTM A572 GR.50 鋼材。I 型梁於鍍鋅前逐跨進行假安裝測量確認尺寸後，拆解成單支梁進行熱浸鍍鋅 (第一跨鍍後再進行一次假安裝，確認熱浸鍍鋅之變形量完全在可控制範圍內)，再運送至工地儲放場進行接續面掃砂及現場預組立、吊裝。本工程續接面 (主梁、續接板、斜撐、橫構架等) 粗糙度需掃砂至 50S。

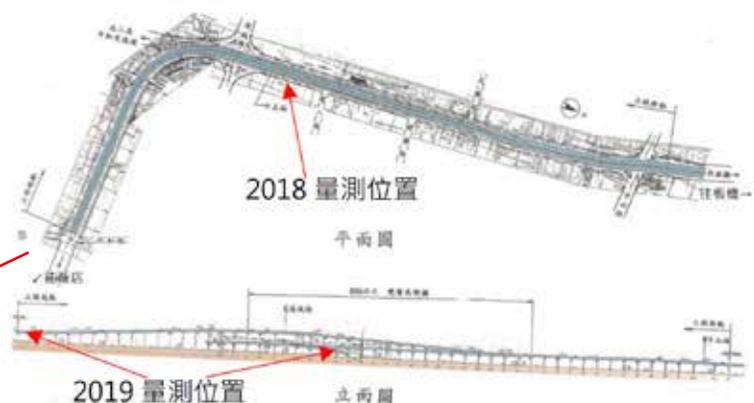


圖 1、台 64 線八里 - 新店快速公路 圖 2、中和區中正路立體交叉工程路線 [1]

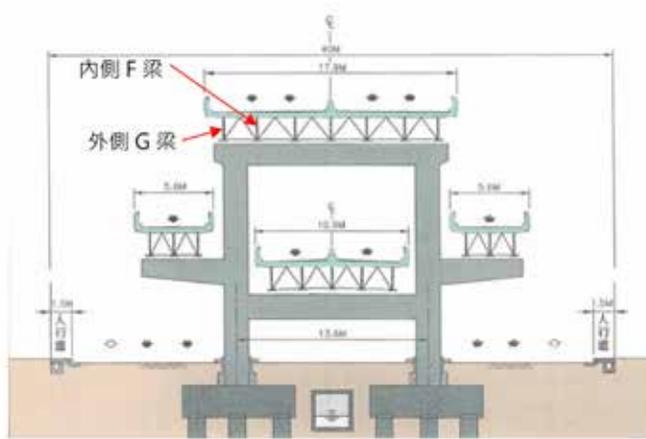


圖 3、中正路立體交叉工程斷面圖 [2]

三、熱浸鍍鋅鋼梁腐蝕速率檢測

熱浸鍍鋅防蝕方法是將鋼梁浸入約 450°C 熔融鋅液中，讓鋅液與鋼梁表面反應成鋅鐵合金，並於提出鋅液時外面再黏著一層純鋅，形成鋅鐵合金及純鋅的防蝕層。防蝕原理，即是利用鋅及鋅鐵合金的慢慢消耗保護鋼梁不生銹。

為瞭解 20 多年後新北市中和區熱浸鍍鋅橋梁之防蝕情形，即利用現地量測剩餘膜厚，測得當地熱浸鍍鋅腐蝕速率及推算耐用年限，並觀察外觀是否有銹蝕情形。剩餘膜厚是利用電磁式膜厚計，於現地直接量測鋼梁表面之當時剩餘鍍鋅膜厚，如圖 4 及圖 5 所示，再與鋼橋 1995 年建造時原鍍鋅膜厚值差除以鋼梁經歷時間，求得腐蝕速率 ($\mu\text{m}/\text{年}$)。



圖 4、2018 年鍍鋅膜厚檢測 (高架)



圖 5、2019 年鍍鋅膜厚檢測 (下層)

為避免影響量測結果，量測前膜厚計先以標準片校正，並於被量測位置先以抹布擦拭去除表面灰塵。鍍鋅膜厚度量測，於 2018 年利用高空檢查車檢查上層高架橋內外側主梁腹板、翼板、加勁板、橫構架及螺栓螺帽等；2019 年則另外增加兩處續接處及白銹產生位置之量測與觀察。

四、檢測結果與探討

現地量測時先以標準片校正膜厚計，並於被量測位置先以抹布擦拭去除灰塵。膜厚度量測結果，如表 1 至表 3 所示，表中數值為 2018 年 8 月 24 日所量測。第二次檢測於 2019 年 8 月 25~31 日間分次進行。表中量測值，是取該量測位置之十點平均值。

1. 檢測結果

(1) 2018 年現地量測鍍鋅膜厚結果

現地檢測於 2018 年 8 月 24 日進行，量測時取得公路總局第一區養護工程處中和工務段協助，協調養護廠商調派橋梁檢查作業車，並透過交通管制、指揮於雙層高架段檢測建八路與建康路間之 H7 區外側 G 梁、內側 F 梁（詳圖 3）、橫構架、螺栓、螺帽、連接板等位置，如圖 6 至圖 8 所示，量測結果記錄於表 1 至表 3[4]，並標示於圖 9 與圖 10 上。外側梁（含續接板）鍍鋅層膜厚為 129~316 μm ，螺栓及螺帽則為 102~129 μm 。取得數值後，再利用表一中 23 年間消耗量計算鍍鋅層平均消耗量為 26 μm ，得知年平均腐蝕速率為 1.13 $\mu\text{m}/\text{年}$ 。至於內側梁（含橫構架）鍍鋅層膜厚為 138~294 μm ，螺栓及螺帽為 120~125 μm 。表二中 23 年間消耗量計算鍍鋅層平均消耗量為 23.5 μm ，得年平均腐蝕速率為 1.02 $\mu\text{m}/\text{年}$ 。

(2) 2019 年檢測結果

2018 年只取一續接處量測螺栓、螺帽，但大多數之防蝕工法對高強度螺栓之保護常出現生銹現象，所以絕大多數工程師及主管機關仍對

熱浸鍍鋅高強度螺栓有所顧慮是否足以代表全部，且所有螺栓之熱浸鍍鋅設計附著量是較低，為證實熱浸鍍鋅足以保護螺栓，本次檢測於 2019 年 8 月 25~31 日進行追加兩處螺栓、螺帽 (詳圖 2) 並觀察多處之螺栓、螺帽之外觀。經量測後並未發現膜厚有異常現象，結果位於圖 2 右側上下匝道內外側梁續接螺栓膜厚尚餘 117~147 μm ，其中外側梁螺栓膜厚介於 117~147 μm ，平均膜厚為 133.2 μm ；內側梁續接螺栓膜厚介於 125~135 μm ，平均膜厚為 129.8 μm 。位於圖 2 左側錦和路第一支梁內側續接螺栓膜厚尚餘 126 μm ，續接螺帽膜厚介於 119~130 μm ，平均膜厚

表 1、外側梁 (H7G9) 外側面實測鋅層膜厚 (μm) [4]

量測位置	現在膜厚					原鍍膜厚	23 年間 消耗量
	量測區域				平均 值		
	1	2	3	4			
上翼板	202	-	-	-	202	(250)220	(48)18
腹板	277(上)	281(中)	235(下)	-	264	(273)264	(9)--
下翼板頂面	316	-	-	-	316	(226)221	--
下翼板底面	228	-	-	-	228	(226)221	--
上翼續接板	240	-	-	-	240	(193)164	--
腹續接板	171(上)	144(中)	130(下)	-	148	(193)164	(48)16
下翼續接板頂面	190	-	-	-	190	(193)164	(3)--
下翼續接板底面	129	-	-	-	129	(193)164	(73)44
螺栓頭	117(上)	163(中)	114(下)	123(下翼板下方)	129	-	-
螺帽	102(下翼板上方)	-	-	-	102	-	-
垂直加勁板	294	-	-	-	294	(277)252	--
平均消耗量							(36.2)26

為 122.5 μm ，如圖 12 及圖 13 所示。

另外，錦和路口之人行陸橋與雨庇工程是於本高架橋完工幾年後再建造興建，因雨庇排水系統損壞導致雨水直接排至外測梁下翼板，造成下翼版局部有白銹存在。本次一併檢測下翼板上方內外側有無白銹之鍍鋅層膜厚，外側有白銹處之膜厚尚餘 305 μm ，而內側無白銹處之膜厚為 301 μm ，如圖 14 所示。

表 2、內側梁 (H7F9) 實測鋅層膜厚 (μm) [4]

量測位置	現在膜厚					原鍍膜厚	23 年間 消耗量
	量測區域				平均 值		
	1	2	3	4			
上翼板	224	-	-	-	224	(217)210	--
腹板	260(上)	258(中)	315(下)	-	259	(279)269	(20)10
腹續接板	-	-	154(下)	-	154	(193)164	(39)10
下翼板頂面	246	-	--	-	246	(258)210	(12)--
下翼板底面	237	-	-	-	237	(258)210	(21)--
水平加勁板頂面	252	-	--	-	252	(294)278	(42)26
水平加勁板底面	230	-	--	-	230	(294)278	(64)48
螺栓頭	-	-	115	134(下翼板下方)	125	-	-
螺帽	120(下翼板上方)	-	-	-	120	-	-
垂直加勁板	294	-	-	-	294	(306)252	(12)--
平均消耗量							(30)23.5

表 3、內側梁橫構架實測鋅層膜厚 (μm) [4]

量測位置		現在膜厚			原鍍鋅膜厚	23 年間 消耗量
		量測區域		平均值		
		1	2			
T 型水平斜撐	垂向	138	-	138	(174)156	(38)18
	水平上側	158	-	158	(174)156	(16)--
	水平下側	211	-	211	(174)156	(16)--
L 型水平上橫構	水平面	192	154	173	(149)136	--
	垂直面	147	129	138	(149)136	(11)2
平均消耗量						(20.25)10

註:1. 現在膜厚為 10 點平均值、原鍍鋅膜厚為 5 點平均值。

2. 原鍍鋅膜厚中 () 值為 5 點之最高值。

2. 外觀

熱浸鍍鋅鋼梁自鍍鋅槽提出後，鍍鋅表面即開始與大氣中氧、水、二氧化碳持續反應，最終獲得穩定腐蝕生成物的安定態。相對地，表面顏色也會由明亮的銀灰色逐漸變成不亮的灰階灰色，甚至當初表面若有燒灰則更會變成暗灰色。由於當初鋼梁鍍作時無燒灰而具銀灰色，且工程架設時鋼梁之運輸、儲放、架設保存得宜，故目前鋼梁外觀無明顯白銹而呈灰階灰色，甚至部分表面保有鋅花，如圖 15 示，僅在表面附有少許灰塵，其外觀如圖 16 至圖 18 所示。

2019 年觀察多處續接處之螺栓螺帽外觀，並未因設計附著量較低或邊緣處膜厚減薄而有生銹呈棕色現象，如圖 19 所示。

3. 探討

前面提到熱浸鍍鋅防蝕原理，是利用鋅及鋅鐵合金的慢慢消耗來保護鋼梁。此原理可由文獻資料 [4] 證實，該文獻表示橋梁現址試片吊掛試驗之前四年平均腐蝕速率為 $2.73\text{g}/\text{m}^2/\text{年}$ ，而前九年的平均腐蝕速率

為 $1.55 \text{ g/m}^2/\text{年}$ ，該資料顯示熱浸鍍鋅鋼梁自出廠至現地架設後，鍍鋅表面確實與大氣反應形成緻密腐蝕生成物，減緩表面鍍鋅層繼續快速消耗，因而第九年後腐蝕速率下降。

計算重量損失用試片雖吊掛於主梁下方位置不受雨水沖刷，與一般暴露試驗試片呈 30 度傾斜直接承受曝曬雨淋不同而可能導致腐蝕速率偏低失真。但事實上，鋼梁實際服務時亦受橋面板遮蔽。另外，所吊掛位置亦可能受汽車廢氣滯留導致腐蝕速率增加之情形。甚至，某些位置局部有白銹存在，並未因此減損鍍鋅層膜厚。根據文獻資料 [5] 顯示，白銹的主要成分是氧化鋅 (ZnO) 和塩基性碳酸鋅 ($2\text{ZnCO}_3 \cdot 3\text{Zn}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$)，白銹的產生僅僅消耗鋅約在 $1\mu\text{m}$ 以下，從本工程檢測結果證實，白銹的產生並未消耗較多的鍍鋅層。

另外，從表 1 與表 2 之 2018 年現地鍍鋅膜厚度量測結果比較顯示，外側梁腹板外側現有殘餘鍍鋅層厚度 $264\mu\text{m}$ 而內側梁腹板 $259\mu\text{m}$ ，及外側的下翼板、垂直加勁板、螺栓等鍍鋅層厚度也未明顯減少，所以並未發現外側梁之腐蝕速率與雨水沖淋、風吹襲有關。至於表面少許灰塵，由於本工程位於海鹽粒子不明顯之位址，故不建議定期清洗或刻意清潔鋼梁表面；若刻意執行清洗，說不定反而影響鍍鋅表面之穩定態，進而減少耐蝕壽命。

從現地鍍鋅層膜厚度量測結果來看，利用 $1.13\mu\text{m}/\text{年}$ 平均腐蝕速率來推估本工程鋼梁之防蝕壽命，縱然取膜厚最低之螺帽膜厚 $102\mu\text{m}$ 計算，其最低防蝕壽命為 90 年；若以下翼板底面最小膜厚 $129\mu\text{m}$ 計算，最低防蝕壽命為 114 年。

五、結語

鋼橋或鋼結構利用熱浸鍍鋅作防蝕，原本就期待熱浸鍍鋅發揮長期耐蝕效果而獲得減少維修次數與成本，甚至讓鋼橋更具較長之服務壽命。經本工程針對熱浸鍍鋅之量測、追蹤發現熱浸鍍鋅若設計施工得宜，在適宜的環境確實具有耐蝕效果。綜合量測結果，有以下幾點心得：

1. 螺帽現有最低鍍鋅層厚度預估，尚有 90 年。
2. 內外側梁之鍍鋅膜厚減損率無明顯差異，顯示內外側對熱浸鍍鋅防蝕性無影響。
3. 受雨水或濕度產生的白銹並未消耗較多的鍍鋅層。
4. 高架橋用之熱浸鍍鋅高強度螺栓，24 年後並無生銹情形。
5. 位於環境穩定之熱浸鍍鋅鋼結構，不建議定期清洗或刻意清潔鋼梁表面。

該工程橋梁於現址之防蝕壽命若以螺栓螺帽現有最低鍍鋅層厚度預估，尚有 90 年，由此結果可以瞭解本工程位處都會區，當初選擇採用此種防蝕工法，尚屬合宜，應可以達到預期目標。

致謝

感謝維護單位公路總局第一區養護工程處中和工務段提供協助，始能完成本項檢測工作。

參考文獻

1. 曾清銓、林曜滄、蔡明達，「熱浸鍍鋅鋼橋施工—中和市中正路立體交叉工程」，先進橋梁施工技術研討會論文集，1996 年。
2. 曾清銓、林曜滄，「公路鋼橋熱浸鍍鋅之設計與施工」，土木工程技術，第 4 期，1996 年 3 月。
3. 熱浸鍍鋅鋼橋及道路設施防蝕設計與施工(2000 年 5 月華光營建網，工程技術研討會教材)。
4. 蔡明達、胡文虎、游旻達、王慶一、林曜滄，「台 64 線中和區中正路立體交叉工程熱浸鍍鋅防蝕成效檢測與追蹤」，鋼結構工程，第 65 期，2019 年 12 月。
5. 日本熱浸鍍鋅協會，亜鉛めつき表面に発生する白さびとは？保管方法は？，<http://www.aen-mekki.or.jp/faq/tabid/62/Default.aspx>，2020 年 6 月。



圖 6、利用橋梁檢查作業車檢測



圖 7、外側梁檢測



圖 8、內側梁腹板鍍鋅層膜厚度量測



圖 9、外側梁鍍鋅膜厚度量測位置與膜厚 (單位: μm)

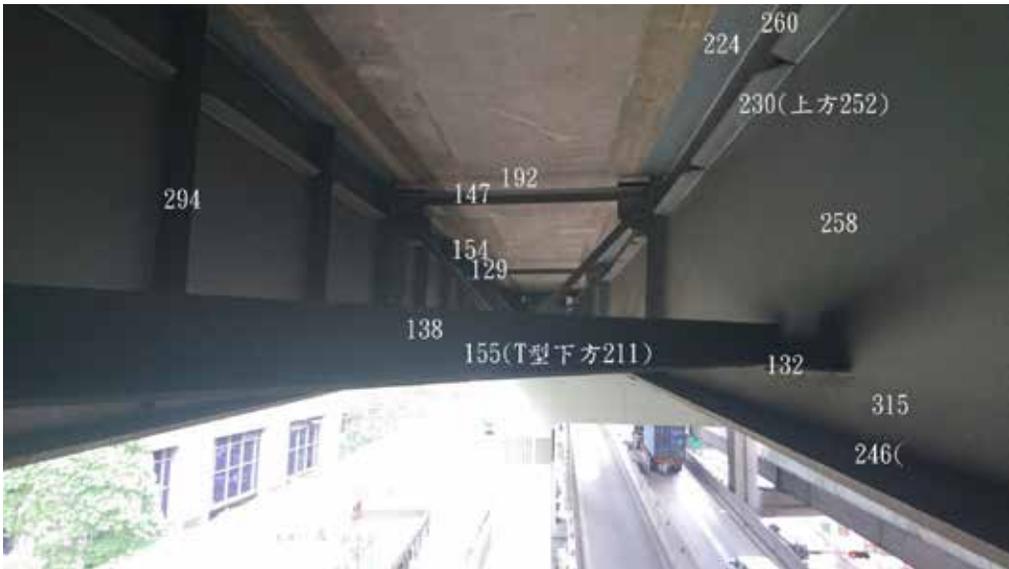


圖 10、內側梁鍍鋅膜厚度量測位置與膜厚 (單位 : μm)

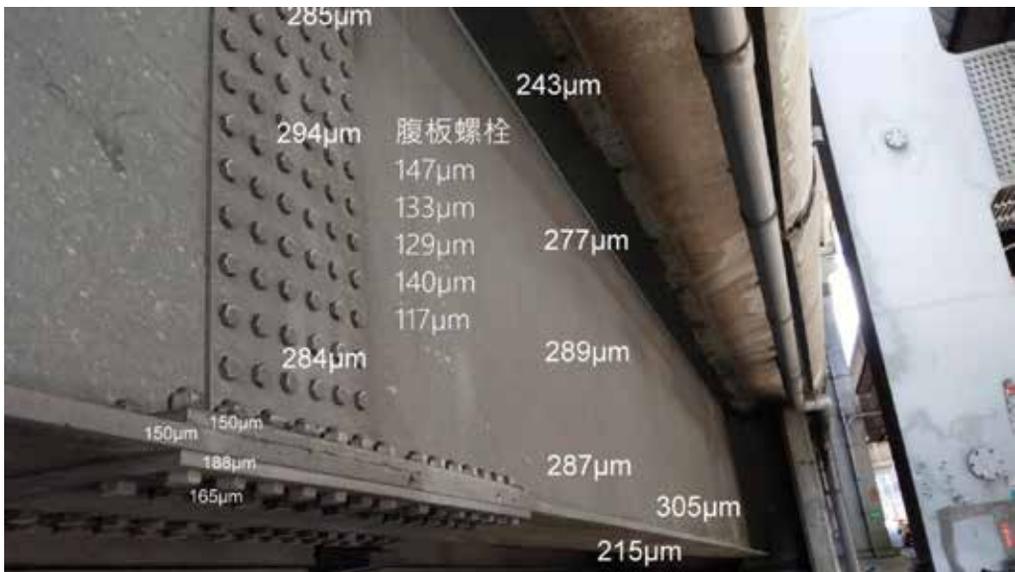


圖 11、上下匝道外側梁續接螺栓之鍍鋅尚餘膜厚，平均 $133.2\mu\text{m}$

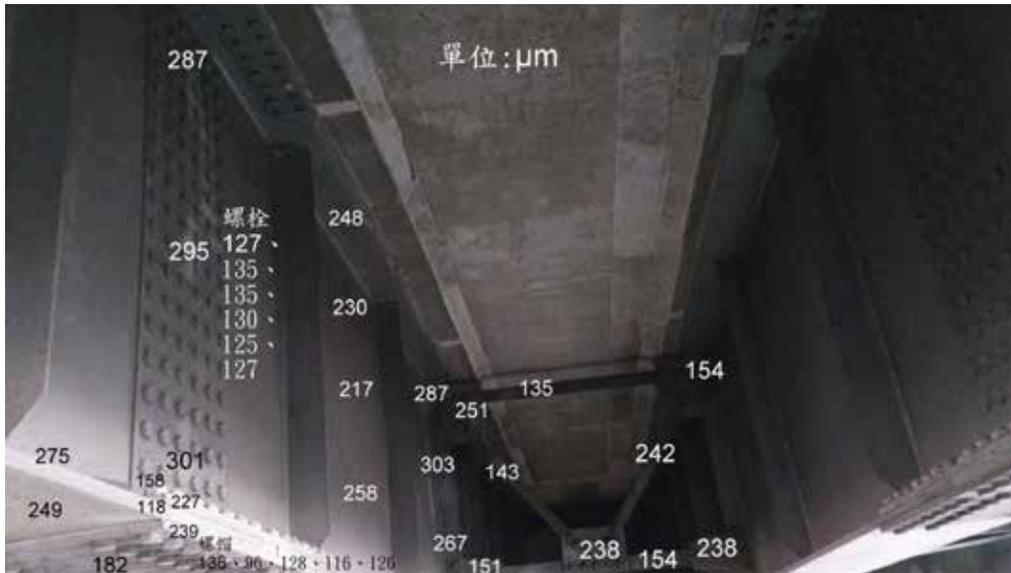


圖 12、上下匝道內側梁續接螺栓之鍍鋅尚餘膜厚，平均 $129.8\mu\text{m}$



圖 13、錦和路第一支梁內側續接螺栓尚餘膜厚 $126\mu\text{m}$ ，螺帽平均 $122.5\mu\text{m}$



圖 14、錦和路口人行陸橋上方梁有無雨水沖刷之膜厚



圖 15、外側梁表面外觀具有鋅花狀



圖 16、外側梁外觀



圖 17、外側梁橋面板下方外觀



圖 18、內側梁外觀

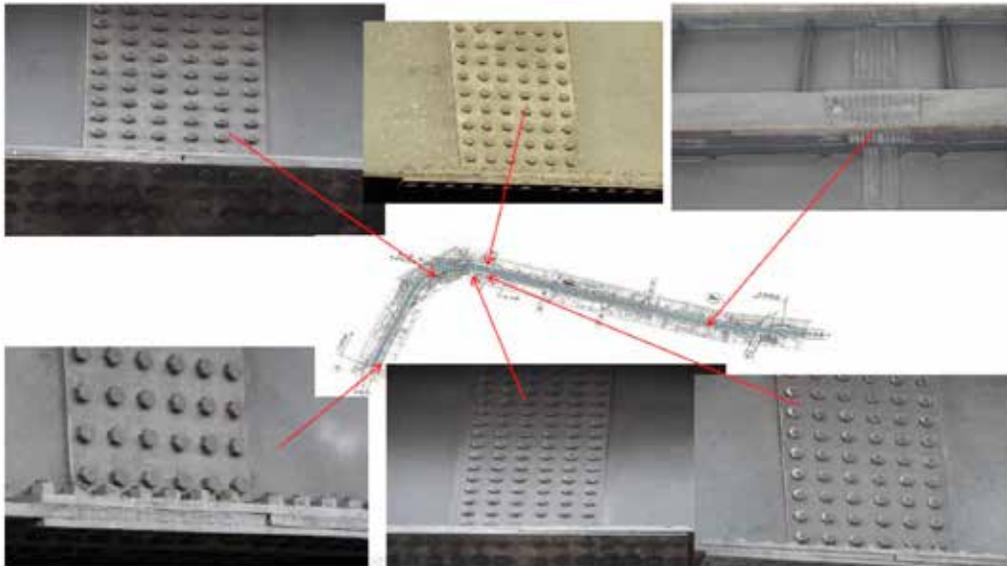


圖 19、高架橋各處續接用熱浸鍍鋅螺栓未發現銹蝕

C212 標台南臨時後站及跨站天橋工程

何芳元¹

¹ 易宏熱鍍鋅工業股份有限公司 協理



業主單位：交通部鐵道局

設計監造：台灣世曦工程顧問股份有限公司

營造公司：根基營造股份有限公司

巨漢工程股份有限公司

鋼構製造：信鋼工程有限公司

鍍鋅單位：易宏熱鍍鋅工業股份有限公司

鍍鋅數量：540 噸

總興建經費：新臺幣 41.9 億

一、前言

本工程範圍為台南車站區段(鐵路里程 VK357+470~VK358+161)全長 0.6 公里，工程內容涵蓋土建工程：車站及臨時後站之站體新建工程、隧道土建工程、建築裝修、跨站天橋、站區景觀及道路、既有軌道拆除、草種噴植、臨時後站及跨站天橋拆除、台南站區既有房舍拆除及興建工程等。機電工程：電氣、弱電、空調通風、給排水及消防等一般機電工程及配合系統機電預埋管等。為不影響車輛通行，所以採取夜間吊裝施工方式進行。

二、工程內容介紹

本案工程範圍為臨時後站之跨站天橋，由於天橋橫跨火車軌道危險性高，所以必須配合行車時間利用夜間施工，橫跨火車軌道部分採取先銲接組立完成，(照片 1) 所示，再進行吊裝減少吊裝時間，(照片 2) 所示。因設計接頭為現場焊接，所以銲接部位在鍍鋅前就先做不鍍面處理，如(照片 3) 所示，節省現場作業時間及降低因鋅研磨不乾淨影響銲接品質。主鋼構架完成後開始鋪設鋼承板，如(照片 4) 所示及屋頂橫梁，(照片 5) 所示。



照片 1、地面銲接組立完成



照片 2、預先組立完成構件吊裝完成



照片 3、銲接面預做不鍍面處理



照片 4、鋼承板鋪設



照片 5、屋頂橫梁鋪設

三、品質檢查

本案採用鋼材為 SN 490B，依 CNS 10007 鋼鐵之熱浸鍍鋅附著量標準為 $550\text{g/m}^2(76\mu\text{m})$ 以上，鋼柱及梁經熱浸鍍鋅 (照片 6、7) 浸鍍後完全包覆整支鋼構件完整無死角，經整理檢查後，如 (照片 8) 所示，利用膜厚計針對鋼柱及鋼梁做鍍鋅膜厚抽樣檢測，如 (照片 9、10) 所示，然後各分別取樣 5 支前、中、後段分別取 5 點量測計算得平均值。檢查數據如表 1 及表 2 所示。



照片 6、橫梁鍍鋅



照片 7、大梁鍍鋅



照片 8、鍍鋅後整修



照片 9、鋼梁膜厚度量測



照片 10、鋼梁膜厚度量測

表 2、內側梁 (H7F9) 實測鋅層膜厚 (μm) [4]

項目	位置	膜 厚 μm					合計 μm	平均 μm
		1	2	3	4	5		
鋼柱一	前	319	305	298	321	314	1557	311.4
	中	287	290	308	315	313	1513	302.6
	後	323	316	306	320	327	1592	318.4
鋼柱二	前	274	269	305	288	291	1427	285.4
	中	290	295	291	307	301	1484	296.8
	後	311	314	300	293	310	1528	305.6
鋼柱三	前	283	267	294	290	305	1439	287.8
	中	301	317	303	296	304	1521	304.2
	後	308	311	319	306	321	1565	313.0
鋼柱四	前	313	320	308	317	311	1569	313.8
	中	305	300	324	306	316	1551	310.2
	後	307	309	295	310	314	1535	307.0
鋼柱五	前	287	307	310	305	319	1528	305.6
	中	294	318	301	312	300	1525	305.0
	後	318	303	287	314	316	1538	307.6

表 2、鋼梁鍍鋅膜厚測量記錄

項目	位置	膜 厚 μm					合計 μm	平均 μm
		1	2	3	4	5		
鋼柱一	前	233	197	184	179	211	1004	200.8
	中	170	184	175	191	188	908	181.6
	後	192	186	201	190	195	964	192.8
鋼柱二	前	185	193	197	188	182	945	189.0
	中	191	186	197	194	193	961	182.2
	後	206	203	194	199	190	992	198.4
鋼柱三	前	165	184	173	190	182	894	178.8
	中	188	193	199	173	179	932	186.4
	後	177	186	202	185	210	960	192.0
鋼柱四	前	169	175	170	187	189	890	178.0
	中	175	172	184	190	180	901	180.2
	後	212	206	200	189	207	1014	202.8
鋼柱五	前	201	206	182	190	191	970	194.0
	中	206	213	199	201	206	1025	205.0
	後	221	214	206	211	201	1053	210.6

(註) $1\mu\text{m} = 7.2 \text{ g/m}^2$

膜厚檢測平均值都遠大於熱浸鍍鋅附著量標準規定 $550\text{g/m}^2(76\mu\text{m})$ 以上，符合設計要求，如有損傷則依 CNS 15257 熱浸鍍鋅層損傷及裸點修補規定處理。

四、結論

本工程位於台南火車站運務繁忙，橫跨鐵路軌道維護困難且危險，所以自設計規劃階段即必須考量如何維護及減低影響運務之可能性因素，採用熱浸鍍鋅防蝕，即可保護鋼鐵不銹蝕，大幅提高使用壽命年限，並大大降低維護頻率及成本，提升公共工程品質維護台灣有限資源。

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	111.09.30
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	111.09.30
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	111.09.15
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	111.09.15
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	111.09.30
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	112.01.15
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	112.01.15
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	112.01.15
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彰化縣線西鄉寓埔村彰濱東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
12	物格股份有限公司	14.0×1.85×3.2	505彰化縣鹿港鎮工業西六路25號	04-7810326	111.11.30

※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

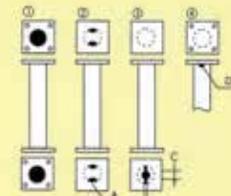
中空壁之製品，有密閉和未密閉空氣流通之構造物，詳載在(440℃)之密度約 $6.7g/cm^3$ ，詳載在此時浮力最大，所以結構物無法作業。

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，若浮氣會飛到人身上，而造成工作人員之危險。

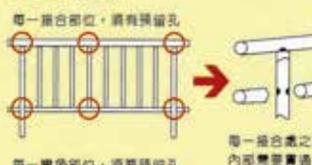
管件加工品

管件的加工品

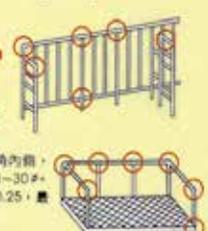
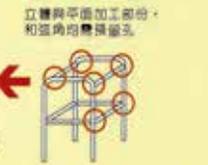


- ①：最好構造均釋放。
 - ②：切管大小面積30%以上開放，直徑如果未達到76mm以下，則必須釋放45%以上。
 - ③：②之狀況時，則在本體180°之位置切角切角之方法。
- 例：直徑152cm
 A=半徑44mm B=寬度19mm
 C=直徑76mm D=半徑41mm

平面的加工品

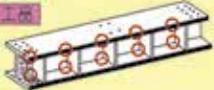


立體的加工品



型鋼加工品

H型鋼加工品

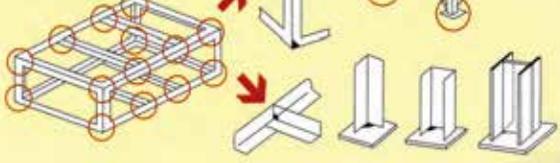


應視加筋板切角之大小為15R~35R左右(僅限於H-100~H-300之型鋼)

平面的加工品



立體的加工品



角管加工品

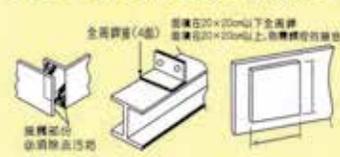
平面的加工品



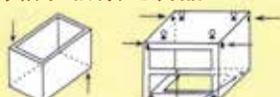
重疊接合的製品

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，銲水會滲出表面的現象，且更會因所含之水份而產生腐蝕之現象，致使銲接部位因而產生裂紋。

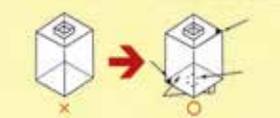
所以平面的接合部位，必須清除全部的水氣，而以全周銲接合，另外重疊二片鋼板之接合時，如因不同厚度之關係，銲銲後可能會發生變形、龜裂之現象。



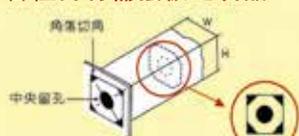
角箱和桶類之製品



視箱之大小，來決定透氣孔孔徑、數量、大小之不同；另須銲接用氣，以利熱浸鍍鋅之作業



管徑內有補強板之製品



中央部位開孔和角處部位開孔之大小和位置：

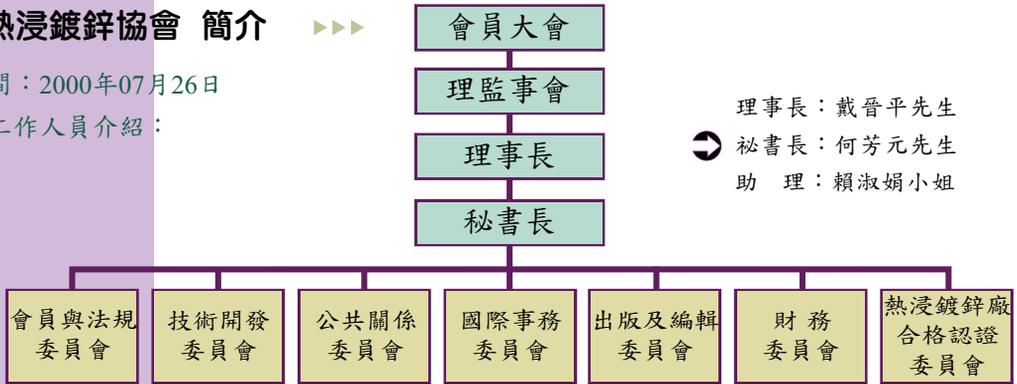
箱之尺寸(H+W)mm	中央孔和角處孔之直徑mm
150以上	15以上
400~610不齊	30以上
200~400不齊	40以上

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：



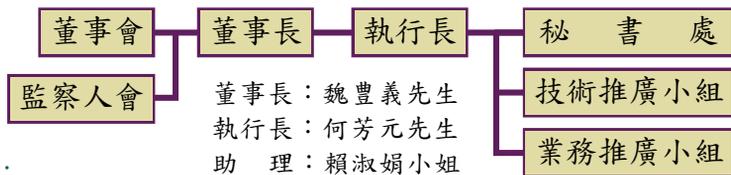
理事長：戴晉平先生
 秘書長：何芳元先生
 助理：賴淑娟小姐

三、第八屆理監事名單：

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	戴晉平	理事長	8	石磊	理事	15	張文川	理事	22	李文隆	監事
2	蕭勝彥	常務理事	9	李家順	理事	16	廖肇昌	候補理事	23	楊聰仁	監事
3	陳麒文	理事	10	王慶一	理事	17	林曜滄	候補理事	24	楊松隆	監事
4	梁銘倫	理事	11	彭振聲	理事	18	羅俊雄	候補理事	25	葉乙平	監事
5	鄭錦榮	理事	12	許皇義	理事	19	陳益勝	候補理事	26	楊木榮	候補監事
6	施漢章	理事	13	吳福祥	理事	20	黃文忠	候補理事	27	鄭添富	榮譽理事長
7	鄭旭成	理事	14	邱琳濱	理事	21	魏豐義	常務監事	28	陳麒文	榮譽理事長

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：



董事長：魏豐義先生
 執行長：何芳元先生
 助理：賴淑娟小姐

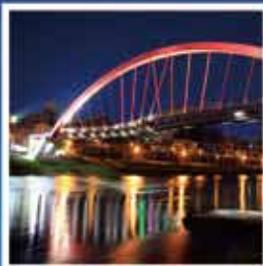
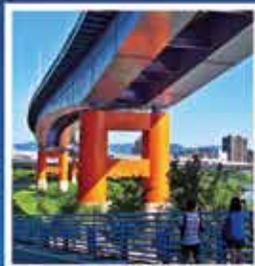
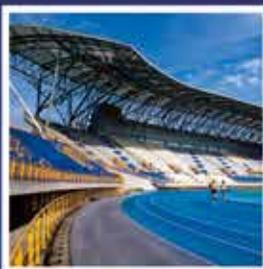
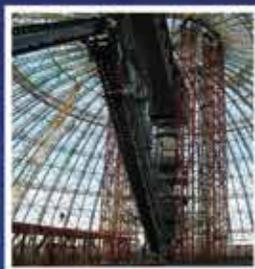
三、第十屆董事（監察人）名單：

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	胡文虎	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：806026 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>

43 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，將以日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、鑄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



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



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

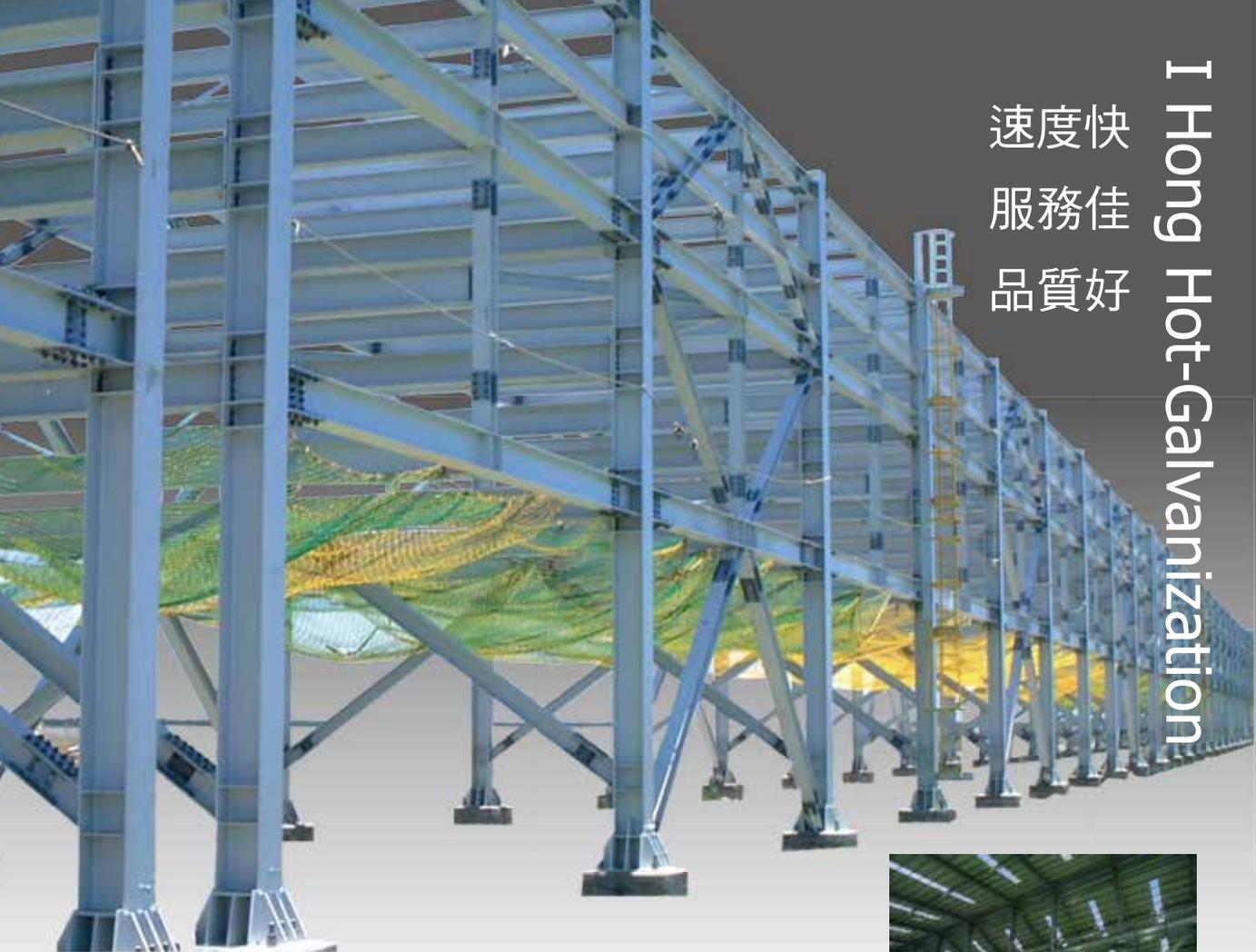
Tel：06-5783702 Fax：06-5783550

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。

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



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



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

盟雅工業股份有限公司

MENG YEA INDUSTRY CO., LTD

熱浸鍍鋅專業處理



日月潭纜車鋼結構



台北捷運內湖車站



台中大肚溪水管橋



台塑六輕輸油管架

公司簡介

- 鍍鋅爐：長14米、寬1.9米、深3.2米
- 最大產能：每月5000公噸
- ISO 9001：國際品質認證

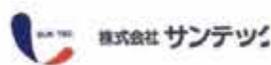
服務項目

- 鋼構廠房、鋼構橋樑
- 型鋼鐵材、農業溫室
- 公共工程、電信電力

地址：彰化縣北斗鎮四海路二段一號(北斗工業區) 服務電話：04-8880775~7 傳真：04-8872307

安全第一 品質至上 技術為先

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