

熱浸鍍鋅

趙焜堦題

2019/07

NO.66

<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





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！

→ 小自螺絲、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

INDEX

- 1 **第一單元** ▶ 活動紀實
 - ◎ 台灣批件式熱浸鍍鋅產業2018回顧
- 4 **第二單元** ▶ 生產技術及防蝕技術專題：
 - ◎ 使用熱浸鍍鋅鋼筋之耐久性設計
 - ◎ 熱浸鍍鋅合金(GA)無銹型鈍化皮膜產品開發
- 33 **第三單元** ▶ 工程實績介紹：
 - ◎ 工程實績介紹：鄉林山海匯水筆仔大廳
- 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

2019/07

NO.66



鄉林山海匯水筆仔大廳

設計單位：上圓建築師事務所

施工單位：鄉林建設

太裕營造

金多科技

新時代鋼架(股)公司

熱浸鍍鋅廠商：尚輝工業股份有限公司

熱浸鍍鋅總重量：135公噸

廣告索引

- 封底 ▶ 力鋼
- 封面裡 ▶ 慧鋼
- 封底裡 ▶ 易宏
- 43頁 ▶ 鋼結構協會
- 44頁 ▶ 現代營建雜誌社
- 45頁 ▶ 前鋒日報社
- 46頁 ▶ 亨欣
- 47頁 ▶ 臺鍍

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！)

《創造熱浸鍍鋅文化·維護台灣有限資源》

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 ■ 陳永昆
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

台灣批件式熱浸鍍鋅產業 2018 回顧

秘書室

台灣批件式熱浸鍍鋅 2018 年共有 21 家鍍鋅公司 27 條鍍鋅生產線分別位於北、中、南部。根據本會會員 12 家 18 條鍍鋅生產線申報統計資料，去年批件式熱浸鍍鋅共有 29.8 萬噸，北中南各區分別為 87,657、60,156 及 151,121 噸，如表 1 所示。2018 年熱浸鍍鋅工程有潮州機場計畫、晉一化工(股)公司、台南市立總圖書館等鋼結構、一般廠房鋼構及台 61 線西濱快速道路等工程鋼筋。橋梁方面有桃園大坡崙橋、公路總局鹽水溪橋、高雄溪洲橋等，較具代表性熱浸鍍鋅工程如表 2 所示。在業別應用方面，2018 年以營建(土木)業、石化業、電力能源業及鐵路方面應用最多，其中營建業達 25%、石化業佔 16%，如圖 1 所示。

2018 年批件式熱浸鍍鋅產量整體比前年的 30 萬噸少了約 1,659 噸，如表 3。圖 2 資料顯示，2018 年各區產量雖然中、南區皆有成長但北區較前年減少，因北區產量減少較多，達 4,201 噸以致全年度產量下降。值得一提的是，於去年南區熱浸鍍鋅廠商因產線問題減少一家，在產線減少下逆勢由前年的 150,384 噸成長到去年的 151,121 噸，這可能是客戶轉單效應及大型鋼結構廠集中南部有關。另外，統計資料中不含 9 家的 9 條生產線產量，從推估來看，去年這 9 家產量約在 9.04 萬噸。所以，2018 年整體批件式熱浸鍍鋅產量約為 38.84 萬噸。

政府自 2017 年推動 8 年 8,824.9 億之前瞻計畫，分別推動軌道、水環境、數位、綠能及城鄉建設，預估將帶動 1 兆 7,777.3 億民間投資產值。其中，軌道工程、綠能及城鄉建設等工程與熱浸鍍鋅業者息息相關，特別是綠能中太陽能使用的太陽能支架。其中「太陽光電 2 年期推動計畫」預計在 2019 年達 1.52GW 的太陽能裝機容量，在 2025 年屋頂型達 3GW、地面完成 17GW。

表 1 台灣各區熱浸鍍鋅產量

	2018 年
北區	87,657 噸
中區	60,156 噸
南區	151,121 噸
合計	298,939 噸

表 2 台灣 2018 年具代表性熱浸鍍鋅工程

工程名稱	重量(噸)	備註
潮州機場 CL121 標 (含南區供應廠) 主體工程	19,372	
屏東大排太陽能工程	770	
屏東大路觀主題樂園太陽能工程	221	
台南市立總圖書館工程	1,000	
台 61 線西濱快觀音至鳳鼻隧道段	700	紐澤西護欄鋼筋
淡江大橋第 2 標護欄預留筋	200	同上 (2017~2018)
核能廢料桶 1190 個	2,975	
晉一化工股份有限公司觀音廠	1,300	
台 17 甲線鹽水溪橋	3,260	2017~2018
岡山之眼景觀橋	110	

表 3 批件式熱浸鍍鋅之類別產量比較

單位：噸

年度	公路	鐵路	電力能源	通訊	石化業	營建	農業	環保	科技	造船	下水道工程	其他	合計
2016	29,979	16,402	42,103	6,915	46,106	69,460	7,252	6,614	15,879	3,538	7,911	25,888	278,047
2017	32,063	17,496	41,121	6,137	47,408	81,772	8,539	7,086	10,774	4,623	9,136	34,443	300,598
2018	31,067	23,130	38,528	6,624	48,403	74,604	8,700	7,249	16,738	4,691	8,281	30,924	298,939

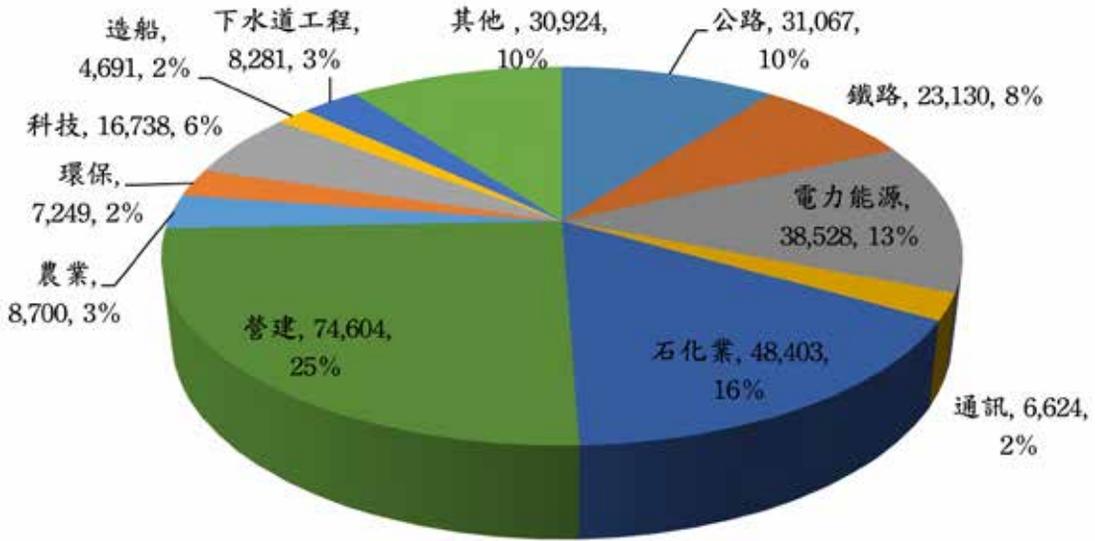


圖 1 熱浸鍍鋅 2018 年產量應用分布

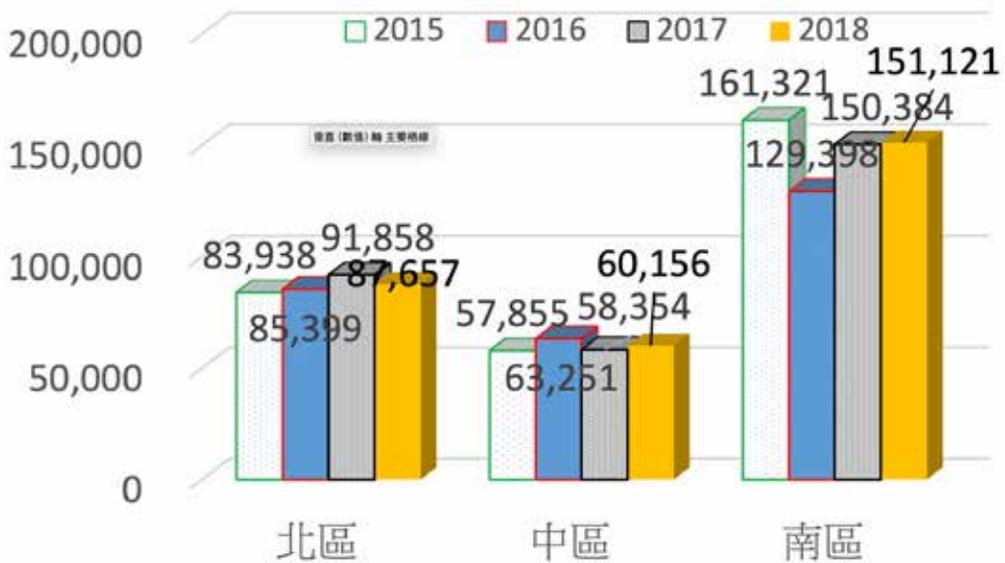


圖 2 台灣各區產量比較

使用熱浸鍍鋅鋼筋之耐久性設計 Durability Design Using Galvanized Reinforcement

Peter Golding, Galvanizers Association Australia
Frank Papworth, Building and Construction, Consulting (BCRC)
(原文係作者發表於 2018 年 6 月國際鍍鋅會議)

廖肇昌 編譯 交通部高速公路局 主任秘書

摘要

鋼筋混凝土 (Reinforced Concrete, RC) 構造物的耐久性設計採用混凝土碳化 (Carbonation) 程度和氯化物 (Chloride) 侵入之數值模型 (Model) 為推估依據，持續受國際關注。國際規範中有關該等模型建立，係以完整的概率分析或從完整概率分析中取得部分的影響因子為基準，而精度是依賴所獲得的關鍵參數 (氯離子含量) 分佈情況準確性而定。本文將討論此準確性並具體參考鋼筋腐蝕初始發生時的氯離子含量，稱為「臨界氯離子含量 (Critical Chloride, C_c)」。實務上，使用熱浸鍍鋅鋼筋能延長 RC 結構物的壽命，然卻缺乏有關熱浸鍍鋅鋼筋腐蝕初始發生的氯離子含量 (C_{CG}) 之資訊。有限的研究中發現，熱浸鍍鋅鋼筋腐蝕初始發生容許的 C_{CG} 比一般鋼筋之 C_c 高 2~3 倍，故熱浸鍍鋅鋼筋預期可改善 RC 構造物使用壽命，惟後續仍有待更明確的界定出熱浸鍍鋅鋼筋的 C_{CG} 之分佈範圍。

關鍵字：熱浸鍍鋅鋼筋，腐蝕，海洋，碳化，模型，臨界氯離子含量

一、前言

混凝土中的鋼筋發生銹蝕後將具膨脹性，會導致混凝土開裂和剝落，及鋼筋有效直徑縮小，增加後續維修成本。Robert Courland^[1] 將現代 RC 結構物的壽命與羅馬時代的建築物壽命進行對比，指出在「耐久性設計」中，因為「我們的忽視 (our ignorance)」導致未來用於修復和重建建築物的巨額成本將由後代支付。惟評估鋼筋腐蝕的預防與修復，財務成本非唯

一考量，環境和安全成本也同樣重要。自 20 世紀 70 年代以來，腐蝕引起的損害率不斷增加，人們越來越意識到「可持續性 (Sustainable)」在建築物的重要性，亦引發要有合適性的耐久性設計程序。

國際結構混凝土協會 (International Federation for Structural Concrete, 簡稱 Fib) 在 2010 年的「混凝土結構物模型規範 (Model Code for Concrete Structures 2010, MC 2010)」^[2] 中引入 RC 使用壽命設計 (耐久性設計)，並於「氯化物侵入」和「碳化程度」的設計壽命模型中，引入「基於後果」考量的可靠性概念。這些方法與 ISO 16204「耐久性 - 混凝土結構物使用壽命設計 (Durability - Service Life Design of Concrete Structures)」^[3] 一起開發，並正成為國際的耐久性設計主流。由於 MC 2010 耐久性設計法內容屬原則性，未就「鍍鋅鋼筋」給予任何指引，惟該設計中指出「可使用以下特殊類型鋼材，增強其防腐性能：鍍鋅鋼，環氧塗層鋼和不銹鋼。」具高耐腐蝕性鋼筋可減少數次方級程度的鋼筋腐蝕機率。

本文檢視 Fib 模型規範中新的使用壽命設計程序，及使用鍍鋅鋼筋的潛在好處，並強調所需研究，以克服設計時有關「我們的忽視」此項參數的影響。

二、鋼筋腐蝕過程

鋼筋在混凝土內會因混凝土的高鹼性而在鋼筋表面形成鈍態 (被動) 氧化膜 (Passive oxide film) 保護鋼筋，使其不易腐蝕。當鈍態膜遭破壞或混凝土 pH 值降低，則鋼筋腐蝕機率升高。

(一) 氯離子 (Chlorides)

足量的氯離子會破壞鈍態膜，而來自水泥中的氫氧基離子 (OH⁻) 會繼續形成鈍態膜。當氯離子與氫氧基離子的比例夠高時，鈍態膜會被破壞，鋼筋開始腐蝕，此時氯離子含量稱臨界氯離子含量 (Critical Chloride Level, C_C)。由於水泥含量是已知，惟氫氧基離子含量是未知，通常將 C_C 視為水泥含量的函數。氫氧基離子決定混凝土的 pH 值，pH 值從 13.5 變化到 12.5，表示氫氧基離子含量減少 10 倍且顯示 C_C

也有類似減少。使用鍍鋅鋼筋的主要好處是它具有比一般鋼筋更高的 C_c 值。

(二) 碳化 (Carbonation)

混凝土發生碳化時，其 pH 值會降低，故混凝土發生完全碳化時，混凝土 pH 值會降至 9 以下。在 pH 值為 9 時，一般鋼筋會發生腐蝕，但鍍鋅鋼筋不會。

三. 混凝土內使用鍍鋅鋼筋歷史

鍍鋅鋼筋用於混凝土中已有 50 餘年歷史。1970 年和 1981 年制定的「混凝土用熱浸鍍鋅鋼筋」指南^[4,5] 提供有關使用上現場經驗和實驗室測試結果廣泛資訊，驗證鍍鋅鋼筋性能。

(一) 現地經驗

20 世紀 70 年代因採用不適當的加速試驗造成對鍍鋅鋼筋有不良的印象，而常被拒絕使用，以至在海洋曝露環境中使用鍍鋅鋼筋的範圍及數量遠小於應該被指定的用量。雖然，在許多類型曝露環境下，有成功使用案例，並最終證明可大大提高鋼筋耐腐蝕性，但卻沒有提供適當的設計方法。

1. 沿海曝露

沿海曝露環境中有許多來自世界各地一些成功使用熱浸鍍鋅鋼筋案例^[6]。百慕達在 20 世紀 50 年代開始使用鍍鋅鋼筋於曝露在熱鹽水環境中的結構物，事實證明非常成功，1953 年的龍鳥橋就是一個很好的例子。在 1981 年^[5]，評估顯示鍍鋅鋼筋無劣化，即使鍍鋅鋼筋周遭的氯離子含量達到 1.2%（水泥重量），已為一般鋼筋經常被引用的 C_c 值之三倍。與一般鋼筋相比，使用鍍鋅鋼筋的結構維護成本降低，百慕達政府在 1990 年代的 3 億美元基礎設施項目中，對所有結構物皆使用鍍鋅鋼筋^[6]。

雪梨歌劇院於 1975 年建成，是世界上最知名的地標性建築之一。位於雪梨港，被認為是一個具嚴重腐蝕環境的沿海地區，其獨特屋

頂包括一組互鎖的預鑄拱形「貝殼」帆板。鍍鋅網被用於預鑄板以提供長期的防蝕保護，並降低白色陶瓷保護磚的開裂和金屬銹蝕風險。曝露於鹽霧和高濕度環境近 50 年後，帆板沒有顯示出變質的跡象，儘管使用較薄的保護層，以減輕重量。

2. 海洋曝露

另一案例為湯斯維爾碼頭，採用高密度聚苯乙烯懸浮槽 (flotation cell) 封裝在鋼筋混凝土外殼中，所有鋼筋都經熱浸鍍鋅處理。經 20 多年的營運，該碼頭於 2008 年進行重新設計，所有懸浮槽都被拆除並進行檢查。雖需要更換碼頭周圍的幾支一般鋼筋構件，但鍍鋅鋼筋懸浮槽的狀況良好，所有這些懸浮槽都重新定位佈置在新的碼頭內。鍍鋅鋼筋已廣泛用於許多碼頭、浮橋和浮標。如日本的 Onimichi 碼頭，芬蘭的 Lillholmens Pontoon 橋和香港的南丫島碼頭。

3. 工業環境曝露

鍍鋅鋼筋被用於建造雪梨 North Head、Bondi 和 Malabar 三條深海排水隧道襯砌內。隧道穿過沿海懸崖和海底到海岸約 3 公里處。隧道內襯預鑄板和現澆混凝土中，所有鋼筋都經鍍鋅處理，達到長期防腐蝕保護。

4. 碳化曝露

在碳化環境中使用鍍鋅鋼筋是常見的。以鍍鋅鋼筋用於橋梁預鑄護欄為例，它允許使用較薄的混凝土保護層及更有外觀吸引力和輕量化的設計造型。其他用途包括重要建築預鑄構件，如澳大利亞和紐西蘭議會、印度巴哈蓮寺和其他建築物和結構，其中使用薄構件是建築的特徵。通常在碳化的混凝土中，鍍鋅鋼筋的耐腐蝕性能是被肯定的。

(二) 加速試驗

加速試驗被認為是可用以確認「提供超過 100 年使用壽命的材料性能」的方式，試驗結果可視為能提供「長壽命」潛能的一種機制。使用於海洋曝露的鍍鋅鋼筋可延遲腐蝕初始期 (initiation phase)，但一旦腐蝕

開始，因鋼筋表面存有高氯離子含量，可能會縮短其傳播期 (propagation period)。以加速試驗可縮短初始期的發生時間，此可以增加混凝土表面氯離子含量和減少保護層厚度方式來達成，並使傳播期在試驗中占有主導地位。加速試驗方法是直接測量主要性能參數 (C_c)，並使用建模來確定對設計壽命的影響。此為首選方法，因它可在各種曝露條件下進行性能評估。

有強烈證據顯示鍍鋅鋼筋的性能可用以抵抗海洋曝露環境的腐蝕。然而，不適當的加速試驗有時會給鍍鋅鋼筋性能留下不佳的印象。應定義加速試驗方式及內容，以有意義的方式測量鋼筋的性能，如量測不同鋼材的相對 C_c 值。當混凝土的品質有缺陷或有變異，一般鋼筋的 C_c 值範圍 (高低值) 將變得較大 (wide level)。

四、Fib 耐久性設計指南

Fib 有關鋼筋混凝土耐久性設計有各種指南說明。Fib 公告 (Bulletin)49 「Corrosion Protection of Reinforcing Steels」^[7] 是一份關於鋼筋耐久性的技術資料，包括鍍鋅鋼筋，但沒有提供耐久性設計的適當指南。MC 2010^[8] 基於 Fib 公告 34 「Model Code for Service Life Design」^[9]，介紹了建模 (Modelling)，但未提供有關鍍鋅鋼筋的資訊。自 MC 2010 推出以來，關於耐久性設計的委員會已開發關於如何使用模型 「Operational Document to Support Service Life Design」^[10-13] 進行一般鋼筋的指南，但對鍍鋅鋼筋無特別說明。

(一) MC 2010 耐久性建模

由於在未受污染的混凝土中，鋼筋與混凝土間的反應，在鋼筋表面形成緻密的氧化層，因此新混凝土中的鋼筋可被認為不會有腐蝕。該氧化層稱為被動層 (passive layer)。隨著時間推移，氯離子或二氧化碳可穿過混凝土保護層並破壞被動層，此過程稱「去鈍化 (depassivation)」。去鈍化後，鋼筋將以一定速率腐蝕，且通常在鋼筋表面形成銹。銹比原來的鋼筋佔據更多空間，隨著銹蝕程度增加，它會產生膨脹爆破壓力，最終足以使混凝土破裂。

在耐久性設計中普遍使用的簡易設計壽命模型如圖 1 所示，是 Tuutti^[14] 提出的。在這個模型中，設計壽命可分為兩部分：

1. 階段 1：通常稱 T_0 ，被視為 C_c 或碳化腐蝕到達鋼筋表面所花費時間。
2. 階段 2：通常稱 T_1 ，是從鋼筋腐蝕開始到發生不可接受的損壞之時間。

雖 Tuutti 模型可用於解釋設計壽命評估過程，但涉及階段 2 的詳細評

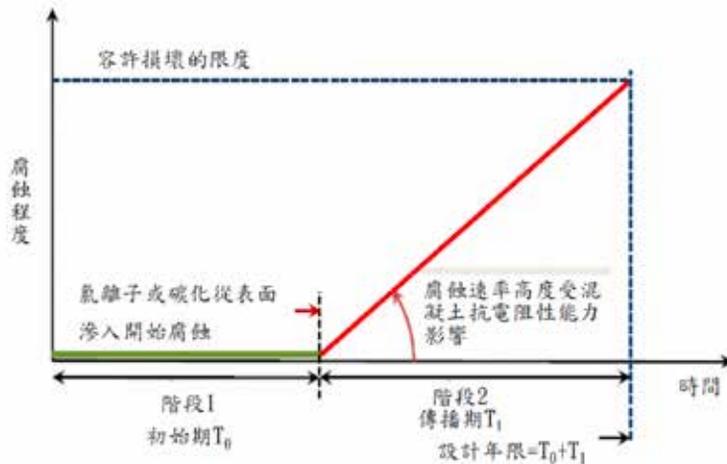


圖 1 Tuutti 的設計壽命模型^[14]

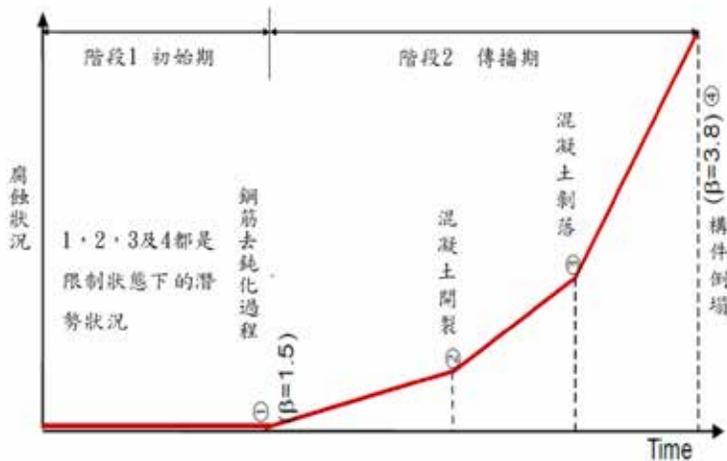


圖 2 Fib 模型規範中設計壽命模型

估需更複雜的程序，例如 Fib 模型如圖 2 所示。

一種限制狀態 (limit state) 是結構壽命中的一種定義點，它可以是性能或基於規定的要求。階段 1 的結束通常被定義為「去鈍化限制狀態」。對於鋼筋腐蝕，由 Fib 2010 模型規範定義為去鈍化、開裂、剝落或坍塌的狀態。Fib 2010 模型中提出用於計算由碳化和氯離子滲透引起的腐蝕開始時間的數學模式。這些模型是經驗性的，僅適用於與開發模型的情況類似，且已提供廣泛的範圍。

有些建築物混凝土發生碳化後，因混凝土係經常處於乾燥狀態，故其內的鋼筋腐蝕速率可忽略不計，在 Tuutti 的模型中於階段 2 (圖 1) 有顯示「為使鋼筋腐蝕，需一定程度的濕度」。故對僅曝露於相對乾燥的室內環境的混凝土構件，「去鈍化」可能不會發生，因為不會產生顯著腐蝕。相反，對曝露雨中或更高濕度的混凝土，碳化混凝土內之鋼筋腐蝕速率可能很高。

討論氯離子侵入模型時，在 Fib 模型規範 2010 提示與碳化一樣，尚未有經國際共認可使用的模型，用於預測結構發生開裂、剝落或坍塌時之腐蝕期的時間。因此，使用設計壽命通常是基於達去鈍化的限制狀態（鋼筋表面達到 C_c 值）。氯離子侵入混凝土內將隨時間累積殘留於鋼筋表面，並處於階段 2 直到鋼筋發生腐蝕、膨脹，引發混凝土裂縫，此過程係一種風險。ISO 16204 提出對於 Tuutti 模型的「傳播期」定義，為耐久性設計中一種基本的限制狀態函數，但在發布該國際標準時，仍沒有具國際共認的時間預測模型可應用於此劣化過程。從鋼筋開始腐蝕到混凝土開裂的時間長短，須從既有的結構物進行估算，其中混凝土成分、施工和曝露條件與所考慮的結構之預期須有相似。因此，使用鍍鋅鋼筋於海洋環境中的耐久性設計，尚未考慮到傳播期，僅將使用壽命的認定設於初始期。

1. 驗證方法

關於使用壽命設計的 Fib 模型規範^[9] 提供四種耐久性驗證方法如下：

- (1) 視為滿意：經驗證明，遵守某些參數將提供設計壽命結束時所需的可靠性。國家規範通常會提供耐久性要求，如水泥型別、水與水泥的比例和一般鋼筋的保護層厚度。然混凝土材料隨時間變化後，經驗證明前述規範的規定常是不可靠的，故建立模型正成為可接受的新選擇。
- (2) 避免劣化：為避免鋼筋腐蝕所採措施，常令人無法滿意，故可以「不能腐蝕」的考量來取代，如混凝土可能碳化且處於潮濕環境，鍍鋅鋼筋是一個理想的選擇。
- (3) 全概率分析：是建模的較佳方法，因為它將所有模型變異量合併為分佈，並在設計壽命結束時提供可靠性結果。但由於缺乏變異量分佈的數據和精度，此法常無法達成目的。鍍鋅鋼筋的 C_{CG} 值就是此種情況。雖然一般鋼筋和鍍鋅鋼筋的特徵值（臨界氯離子含量）通常分別被表示為 0.4% 和 1.0%（水泥重量計），但有關鍍鋅鋼筋的 C_{CG} 值分佈的數據較少見。
- (4) 部分因數趨近：腐蝕模型的部分因數之發展，取決於模型輸入變異量分佈的合理性數據。然部分因素必然比完整的概率分析更保守，因為它們涵蓋了較廣泛情況。無論如何，耐久性設計關鍵是要有個合理且一致的關鍵變異量分佈，即鍍鋅鋼筋的 C_{CG} 值。

2. 可靠性

可靠性是結構設計中使用的公認術語，且簡單地表達在失敗後果更高的情況下需更高可靠性（更低的失敗可能性）的事實。在耐久性設計結構規範中使用該術語，首先在模型規範 2010 中引入 $\beta=1.5$ 和 $\beta=3.8$ 的可靠性要求，分別為混凝土的「去鈍化」和「倒塌 (Collapse)」的限制狀態（如圖 2）。但是，可靠性應基於失敗的後果。顯而易見的是，在某些情況下，耐久性失效可能具有非常高的後果。故容許限制狀態 (ULS) 的可靠性，可能會將保護層厚度要求提高 30%，或併採保持保護層厚度和使用鍍鋅鋼筋來克服混凝土開裂及倒

塌的問題。

3. 穩健性

模型規範 2010 將穩健性 (Robustness) 定義為「受意外或特殊載荷的結構承受某些結構構件局部損壞，而不會遇到不成比例的整體風險或坍塌的能力。」這主要與結構設計有關，但也可以應用在耐久性設計，適用在特殊曝露的耐久性，例如：

- 不良的施工技術導致混凝土品質差及高滲入率。
- 建築物內碳化混凝土曝露在水分環境。
- 工業廠房承受處理用水的侵蝕，但卻未被包括在其設計假設中。

鍍鋅鋼筋因具抵抗過量氯化物能力，有更高耐腐蝕性可提供結構物的穩健性。

4. 氯化物模型

氯離子滲入模型規範 2010 (表 1) 中只有一個變異量 (C_C) 影響鋼筋的腐蝕機率，因此鍍鋅鋼筋使用於此設計模型關係到 C_{CG} 值的

表 1 沿海結構物氯離子擴散模型的輸入資料

參數	單位	分佈形式	均值 (μ)	標準偏差 (σ)	a	b	
D_{RCM}	氯離子擴散係數	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$	一般 (Gauss 分布)	8.5	2.4	-	-
t_0	試驗時樣本齡期	天	常數	28	-	-	-
$C_{s,\Delta x}$	表面氯離子含量	% (水泥重)	對數正態分佈	0.8	0.27	-	-
α	老化係數	-	Beta	0.65	0.12	0	1.0
T	初始期	年	常數	80	-	-	-
T_{ref}	試驗溫度 (23°C)	K	常數	296	-	-	-
T_{real}	溫度，曝露現地 (16°C)	K	一般	285	5	-	-
b_e	溫度，係數指數	-	一般	4800	700	-	-
Δx	對流區深度	mm	常數	0	-	-	-
C_C	臨界氯離子含量	wt.-%/c	Beta	0.60	0.15	0.2	0.2
C_{nom}	保護層 (量測)	mm	一般 (Gauss)	38.8	7.3		

高低。儘管鍍鋅鋼筋的 C_{CG} 有與一般鋼筋 C_c 值有較高的之經驗值，但沒有提供其分佈情形，且通常不清楚 C_{CG} 的引用值是均值還是特徵值。此外，引用值是針對單個實驗室混凝土的情況，並不代表現地混凝土中的值。

表 2 50 年使用壽命和可靠性要求 0 之評估 (7 天養護)

鋼筋	臨海結構				海上結構			
	一般	鍍鋅	一般	鍍鋅	一般	鍍鋅	一般	鍍鋅
水泥型別	IIIB 型		I 型		IIIB 型		I 型	
水灰比	0.45				0.38			
保護層 (mm)	45				65			
擴散係數 $10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$	4.0		8.3		2.5		6.8	
老化係數 [11]	0.65				0.4		0.3	
基本氯離子含量 wt.-%/c	0.23				0.12			
表面氯離子含量 wt.-%/c	3.0		2.0		5.5		4.5	
氯離子允許增加量	0.37				1.68			
溫度 (°C)	25							
臨界氯離子含量 wt.-%/c	0.6	1.8	0.6	1.8	0.6	1.8	0.6	1.8
去鈍化估計時間 (年)	@250	>250	42	>250	97	>250	11	62
去鈍化時間 50 年之保護層厚度 (mm)	33	<20	50	<20	53	33	>75	50

假設平均 C_{CG} 是一般鋼筋的三倍，可使用變異量的平均值來評估相對性能，可靠性為 0 (表 2)。

表 2 僅適用於可靠性為 0 的構件 (例如，堅固的船用甲板拱腹)，且僅假設較高的平均 C_c ，使用鍍鋅鋼筋可提供如下優點：(1) 海洋結構物：能夠在可接受的保護層使用 I 型水泥；(2) 沿海結構：使用 I 型水泥時，鍍鋅鋼筋比一般鋼筋具有更高的可靠性。雖然 IIIB 型水泥確實符合要求，但早期強度可能是一個問題；(3) 沿海和海洋：使用 I 型或 IIIB 型水泥時，保護層厚度顯著降低。通過減輕橋梁和建築

物的重量，可提供顯著的成本效益。此具有成本和可持續性的好處。

5. 碳化模型

2010 年模型規範係基於碳化前緣到達鋼筋表面所需時間。因鍍鋅鋼筋不會在碳化混凝土中去鈍化，此模型告訴我們鍍鋅鋼筋幾乎具無限期的壽命。這有以下好處：(1) 在高碳化曝露中，例如車行隧道、封閉式停車場、一些工業區和二氧化碳高排放量的區域（是普通大氣的 2 至 3 倍），模型中的正常保護層要求可能不足。在隧道中，相對於當前規範的減少保護層厚度和更少的開挖，從而可顯著節省成本；(2) 規範中規定的最小保護層通常無法實現，因為規範低估了實務中保護層厚度的分佈。Fib 34 建議在最小保護層厚度增加 10 mm 以允許碳化模型中的保護層變化。隨著可快速掃描現地保護層的方法出現，後澆置混凝土保護層檢查的頻率正在增加，而因保護層不足的現象正在增加，導致一些測量保護層項目的費用增高，以查驗是否有保護層不足的情形^[15]。鍍鋅鋼筋可在明顯較低的保護層下提供耐用性。

（三）Fib 公告 76

Fib 公告 76 進一步提供背景可靠性分析，以滿足若干國家法規的規定。此顯示不是所有的規範皆能提供適當的可靠性。目前有些 RC 結構物曝露在海洋環境，使用 I 型水泥及添加飛灰和水淬高爐石粉以提高混凝土的水密性，增加鋼筋的防蝕性，惟若僅使用 I 型卜特蘭水泥，鍍鋅鋼筋也能提供所需的防蝕可靠度。

五、永續性

Guy Keulemans^[16] 指出「在汽車和燃煤發電廠之後，混凝土是排放二氧化碳的第三大因素。僅水泥生產就佔全球二氧化碳排放量的 5% 左右。混凝土也佔建築和拆除廢物的最大比例。世界需要減少混凝土生產，不如建造更持久的結構，但這是不可能的……過去的文明崩潰向我們啟示了短期思維的後果。我們應該把重點放在經得起時間考驗的建築結構物上，以免最終出現笨重，廢棄的文物，這些文物不像復活節島的雕像那樣適合它

們的原始目的。」Richard Weyers^[17] 向美國鍍鋅協會 (American Galvanizers Association) 報告了各種鋼筋選項 (環氧樹脂, 鍍鋅和不銹鋼) 的生命週期成本, 比較它們在美國維吉尼亞州的氯化物污染橋面板的不同裂縫密度。據報導, 目前鍍鋅鋼筋的成本低於環氧樹脂和不銹鋼, 並且「在更高的氯離子含量下, 鍍鋅鋼筋總成本和壽命週期成本最終將接近不銹鋼, 而環氧塗層鋼筋總成本和壽命循環成本遠遠超過不銹鋼。..... 不考慮成本下, 如果有 100 年以上需要完全免維護的生命, 真的只能考慮不銹鋼。」

由於氣候變遷, 要求大幅度降低基礎設施環境成本而需改變思維, 其中一項就是增加結構物壽命。在氣候變化可能產生最大影響的環境中, 如因海平面上升可能遭受淹沒的沿海地區, 及那些可能受影響的地區, 使用鍍鋅鋼筋可顯著延長混凝土結構物壽命。2010 年 CSIRO 關於氣候變遷的報告^[18] 表明, 澳大利亞沿海地區氯化物引起的腐蝕開始可能增加高達 3.5%, 西澳大利亞海岸和新南威爾士州東海岸接至昆士蘭州的邊界, 風險最大, 因為這些地區至 2100 年相對溫度增加較高。建議在規劃橋梁和港口基礎設施等對國家和地方經濟及社區至關重要的混凝土結構時, 應考慮到氣候變遷及提出適應方案對潛在影響反應是否達到預期。

六、臨界氯離子含量 (C_c)

(一) 一般鋼筋

一般鋼筋、鍍鋅鋼筋及不銹鋼鋼筋等的 C_c 值: Meira^[19] 從試驗室及海洋大氣帶現地實驗得到 C_c 。對實驗室和現地曝露實驗, 平均總氯離子臨界值分別在 0.88 和 1.58 (水泥重量%) 間變化。來自現地曝露實驗的 C_c 低於在實驗室環境中從潤濕和乾燥循環獲得的 C_c , 其似乎遵循其他公佈數據的類似總體趨勢。這種差異可通過以下方面來解釋, 且使得去鈍化更易於戶外實驗且主要與環境相互作用相關, 如更深的混凝土碳化和更適合的水分和氧氣含量將開啟腐蝕。

Angst^[20,21] 根據實驗室條件和室外曝露條件審閱了已公佈的 C_c 。 C_c 分散在膠結料重量的 0.02% 至 3.08% 範圍內。 C_c 受到許多因素影響, 並隨

時間而變化。主要影響 C_c 值是鋼筋 - 混凝土介面的品質、鋼的材質和混凝土孔隙溶液的 pH 值，例如在搗實不良或由於碳化導致 pH 值降低的區域， C_c 值將更低。

Frederiksen^[22] 以各種方式研究氯離子入侵，建立一種工程方法來估算不同環境中的 C_c 值。得到的結論是「目前還沒有一種程序可證明在長期門檻值 (threshold levels) 的評估中具有科學的正確性。」Frederiksen 提出對海洋飛濺區和大氣海洋區及除冰鹽區環境下，在一般水泥混凝土和以 20% 飛灰取代水泥的混凝土， C_c 分別為 0.6% 和 0.3% (水泥重量)。

Alonso^[23] 回顧曾被公佈的數據並發現 C_c 分布呈現大範圍情形，如圖 3 所示。雖然存在高 C_c 的情況，但重要的是要注意腐蝕產生亦可在非常低的氯離子含量下發生。當考慮各種類型的結構物時，這種結果可能更寬，縱使同一個結構物內，此範圍也可能是很高的。

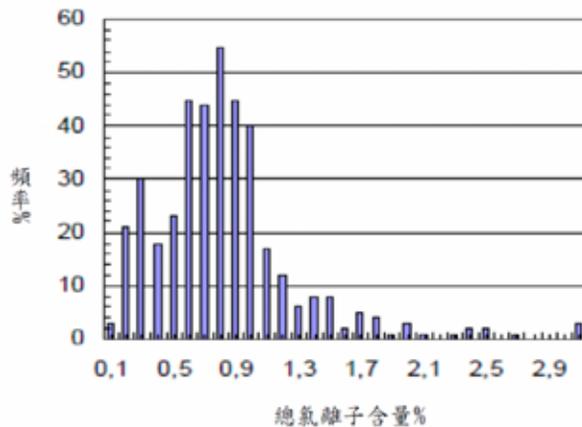


圖 3 已被公布的總氯離子門檻值 (水泥重量 %)

Markeset^[24] 描述了一種通過安裝腐蝕感測器來測量實際結構中臨界氯離子含量的方法 (這種方法在一般文獻中尚未被接受，儘管它顯示了前景)。在一座有 37 年歷史的碼頭上進行 14 次測量，雖不足以作為統計學上的代表，但有趣的是，得出與 Browne 數據相似的 C_c 變化，如表 3 所示。腐蝕感測器測量「去鈍化」的時間，而 Browne 的測量是基於對鋼筋銹蝕

的目視檢查，這解釋了 Browne 建議的值較高。然而，在忽略評估所需風險水準不計情況下， C_c 接近於水泥重量的 0.4%。

表 3 臨界氯離子含量 (C_c) (水泥重量 %)

腐蝕機率 / 風險	臨界氯離子含量 (C_c)	
	Browne 調查	挪威碼頭 ¹
微不足道	<0.4	<0.4
可能	0.4-1.0	0.4-0.7
大概的	1.0-2.0	0.7-1.3
確定	>2.0	>1.3

¹ 假設水泥用量 350 kg/m³ 及混凝土單位重 2,350 kg/m³

Markeset 還提出對數正態分佈最適合的測量結果， C_c 的平均值為 0.77% 水泥重量，變異係數等於 32%，如圖 4 所示。由 Fib 給出較低的 C_c 將反映多個結構物的分佈而不是一個，但是在 5% 失效水準下，兩個分佈的 C_c 是相似的，即 Fib 的 0.35%(水泥重) 和 Markeset 的 0.43%(水泥重)。

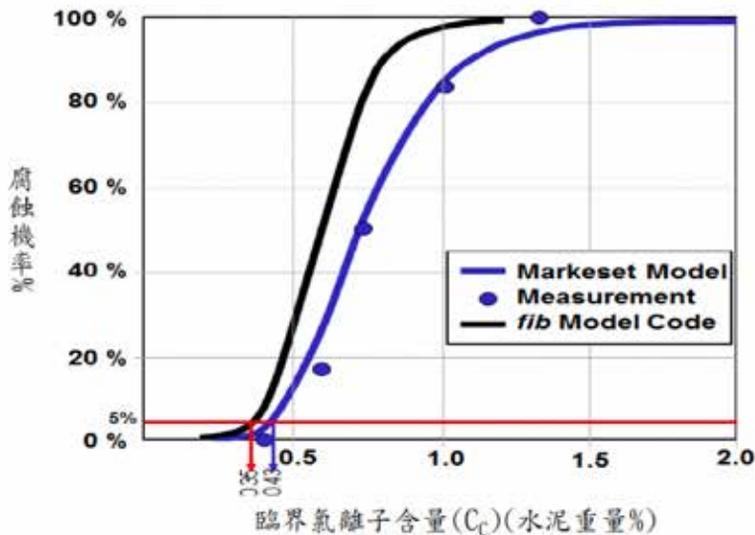


圖 4 Markeset 的 C_c 與 Fib 服務壽命設計模式規範 (公告 34) 統計模型比較

Life-365^[25] 提供關於氯離子門檻值指南：「腐蝕和氯離子含量間的實際關係可能受到一系列參數的影響 此時，沒有明確定義關係可容易地合併到簡單的服務壽命模型中」。因此，Life-365 確實假設一個氯離子門檻值 (C_c) 在為 C_c 選擇合適的值時，參考 Glass 和 Buenfeld (1995) 研究，他們對該議題的文獻進行全面回顧 ... 得出結論：「如果沒有進一步處理，不會有任何改善，對曝露於溫帶歐洲氣候的建築物，建議氯離子門檻值為膠結料的 0.4%，對曝露於更具侵蝕性環境的結構為膠結料的 0.2%（重量）。其他鹽水曝露條件可能有不同的分佈。」顯然， C_c 沒有固定值，已知有幾個因素會影響臨界氯離子含量如圖 5 所示^[7]。通常認為對結構物的 C_c 分佈來說難以精確，所以在建模中會使用適用於所有結構的分佈方式。

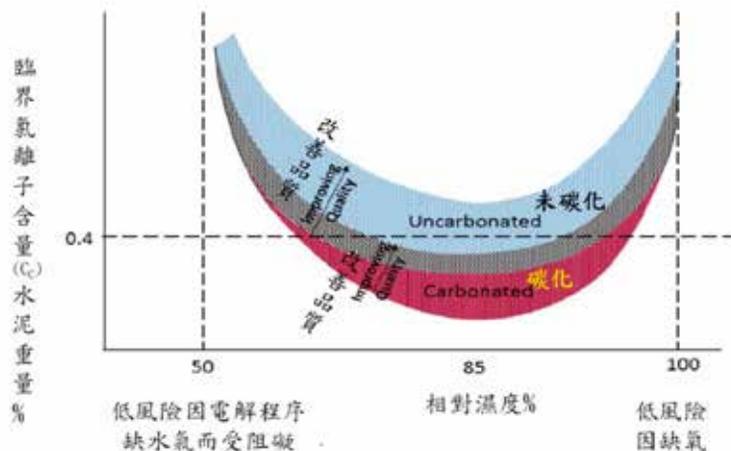


圖 5 混凝土內臨界氯離子含量^[7]

當進行設計壽命建模時，模型規範 34^[9] 是最權威的文件，因為它構成了模型規範 2010^[2] 和 ISO 16204^[3] 的基礎。Fib 34 指出 C_c 可具有 β 分佈，其平均值為 0.6%，標準偏差為 0.15wt% 膠結料，因此較低的特徵值約為 0.35wt% 膠結料如圖 4 所示。尚無單一被議定的方法可來確定 C_c ，研究人員已經以多種方式對其進行測試。測試程序的變化，部分地解釋了為什麼在公佈的 C_c 值中存在如此寬的分布範圍。

當陽極由於氯離子進入而在一個位置形成時，鋼筋電勢改變且發生從陽極到陰極的電流流動，此可在實驗室樣品中檢測陽極的形成，其中測試裝置允許連續測量電位和電流。當檢測到腐蝕時，可測量氯離子分佈，並根據分佈來評估鋼筋中的氯離子含量。鋼筋開始腐蝕時的氯離子含量使用 C_C 為量測的指標之一。儘管上述測試方法已經在研究中經常用於獲得某個混凝土的 C_C 含量，但是由於未能使用任何測試方法獲得一致的結果，因此目前此種測試沒有共識。即使測試是在理想的實驗室條件下進行的，且能夠將電極定位在理想的位置。

鑑定舊結構上的 C_C 很複雜，可能原因為：

1. 當陽極形成時，它使周圍的鋼材極化，並僅在較高氯離子含量下腐蝕。測試這些區域會產生不切實際的高 C_C 值。
2. 氯離子在腐蝕電流作用下向陽極移動。因此，腐蝕區域將具有比建立腐蝕所需的氯離子含量更高的氯離子量。
3. 無論測試混凝土那一個位置，都不知道鋼筋何時開始腐蝕或者多久才會腐蝕，在現有結構上不太容易建立。

Bamforth^[26] 指出「腐蝕開始的點在術語上沒有明確定義。」門檻值 (threshold value) 通常以電化學量測嵌入混凝土或砂漿中的鋼筋來確定，並使用半電池電位或腐蝕速率的變化作為指標。曾有對英國沿海的一些鋼筋混凝土塊進行研究，使用不同的技術觀察到不同的門檻值。基於半電池電位測量，氯離子門檻值為 0.3~0.4%(水泥重)... 但是當根據腐蝕速率評估時，該值超過 1%。Bamforth 繼續提出建立 C_C 的替代方法，也得出不同的門檻值。他的結論是「顯然，在確定門檻值時必須考慮測試方法。」這可能是由於腐蝕速率和電位間仍缺乏普遍的相關性。Bamforth 還指出，混凝土養護期會影響門檻值。他指出當混凝土養護期從 3 天提升到 14 天時， C_C 從 0.139wt% 增加到 0.212wt%，原因之一是混凝土結構內的孔隙率有降低，提高了水密性。

Silva^[27] 對 C_C 的研究得出以下結論：

1. C_C 值的大量分散現象意味著幾乎不可能為服務壽命設計定義適當

的標準。

2. 分散的主因是影響腐蝕開始的參數數量（例如膠結料類型、水與膠結料比例、鋼筋類型等）及實驗中使用不同方法。
3. 沿著鋼筋，因不同的含水量、氧氣供給性、侵蝕性物質濃度和冶金特性差異等，可能產生電化學的不均勻性。更多陰極和陽極區域間的差異有利於氯離子沿著介面遷移到陽極區域，且高濃度氯離子促進鈍化膜的溶解，最終引起點腐蝕。

（二）鍍鋅鋼筋

對一般鋼筋的 C_c 之廣泛研究顯示其可被用於建立耐久性設計模型。雖然對鍍鋅鋼筋的 C_{CG} 值也已進行大量測試，但還沒有人提出用於全概率設計的分佈。目前引用值，有數組表現存在廣泛分佈，但尚未建立此分佈模型以滿足所有結構。確定混凝土 C_c 值的一個問題是實驗室中的測試難以模擬品質具差異性的真實結構。故仍需在真實結構上建立 C_c 分佈。一般鋼筋的大部分 C_c 數據都是從真實結構物上取得建立的。

七、總結

對結構物使用鍍鋅鋼筋後之調查數據進行直觀評估，顯示與一般鋼筋相比，其防蝕可靠性更高，保護層可更低，構造物壽命更長，結果更具持續性，故已被廣泛使用在海洋和沿海的 RC 結構物。未來，需繼續開展研究以建立 C_{CG} 分佈情形，以用於耐久性設計。鍍鋅業有機會提供 Fib 設計指南中鍍鋅鋼筋使用壽命設計模型的創建，且應用上會增加使用鍍鋅鋼筋的機會。

八、參考資料

1. Courland R. “Concrete Planet” Prometheus Books, New York 2011。
2. Fib Bulletin 65 and 66, Model Code for Concrete Structures 2010 – Final draft, Volume 1 and 2, Lausanne, Switzerland, 2012

3. ISO 16204 “ Durability - Service Life design of Concrete Structures.” International Standards Organisation, Geneva, Switzerland. 2012
4. “ Galvanized Reinforcement for Concrete” International Lead and Zinc Research Organisation Inc, New York 1970
5. “ Galvanized Reinforcement for Concrete – II” International Lead and Zinc Research Organisation Inc, New York 1981
6. Allan N.D. “ The Bermuda Experience: Leading the way on Galvanized Reinforcement” Yeomans S.R. ‘ Galvanized Steel Reinforcement in Concrete ’ Elsevier 2004
7. Fib Bulletin 49, “ Corrosion protection of reinforcing steels” Lausanne, 2009
8. Fib Bulletin 65 and 66, “ Model Code 2010 Vol 1 & 2” Lausanne, 2012
9. Fib Bulletin 34, Model Code for Service Life Design, Lausanne, Switzerland, 2006
10. Fib draft report “ Operational document to support Service Life Design”. To be published late 2018
11. Fib Bulletin 76 “ Benchmarking of deemed-to-satisfy provisions in standards: Durability of reinforced concrete structures exposed to chlorides.”
12. Yeomans S.R. “ Galvanized Steel Reinforcement in Concrete.” Elsevier, Amsterdam, 2004.
13. Fib Bulletin 53, Structural Concrete Textbook on Behaviour, Design and Performance. Volume 3, 2010. Reprint of values from CEB Design Guide 1992
14. Tuutti K. “ Corrosion of Steel in Concrete. CBI Research. Stockholm. 1982
15. Papworth F., and C. Gehlen C. “ National and international code based deterministic and full probabilistic modelling to describe reliability of various Australasian marine structures.” Performance-based approaches for concrete structures, fib Symposium, Cape Town ’ , Nov 2016

16. Keulemans G. “ The problem with reinforced concrete.” The conversation. Online articles from UNSW, 2016
17. Weyers R.E. “ Virginia bridge deck service life performance and associated costs: influence of reinforcing steel type.” International Zinc Association, North Carolina, 2017
18. Wang, X., Nguyen, M., Stewart, M. G., Syme, M., Leitch, A. (2010). Analysis of Climate Change Impacts on the Deterioration of Concrete Infrastructure – Synthesis Report. Published by CSIRO, Canberra. ISBN978 0 643 10364 1
19. Meira G.R., Andrade C., Vilar E.O. and Nery K.D., “ Analysis of chloride threshold from laboratory and field experiments in marine atmosphere zone”, Construction and Building Materials 55 (2014) 289-298.
20. Angst U., Vennesland O., “ Critical Chloride Content in Reinforced Concrete - State of the Art.” Concrete Repair, Rehabilitation and Retrofitting II. Taylor and Francis. London, 2009
21. Angst U. and Vennesland Ø., “ Critical chloride content – State of the art”, SINTEF Report No. SBF BK A07037, December 2007.
22. Frederiksen J.M., “ Chloride threshold values for service life design”, RILEM Workshop in Paris, September 2000.
23. Alonso M.C., “ Chloride threshold values in the literature”, COIN Workshop on “ Critical chloride content in reinforced concrete”, Trondheim, 5-6 June 2008.
24. Markeset G., “ Critical chloride content and its influence on service life predictions”, COIN Workshop on “ Critical chloride content in reinforced concrete”, Trondheim, 5-6 June 2008.
25. Life-365 “ Life-365™ Service Life Prediction Model™.” Version 2.1. Life-365 Consortium II 2012
26. Bamforth P.B “ Enhancing Reinforced Concrete Durability”. Concrete

Society Technical Report 61. Camberly, UK 2004.

27. Silva N., “Chloride induced corrosion of reinforcement steel in concrete – Threshold values and ion distributions at the concrete-steel interface”, Doctoral Thesis, Chalmers University of Technology, Sweden, 2013.

關於作者

Papworth 先生以研究混凝土耐久性獲得 M.I.C.E.。在過去的 35 年裡，他在耐久性方面的諮詢延伸至檢查、維修、非破壞檢測、矽粉、鋼纖維、熱分析、裂縫控制、耐久性計劃和化學侵蝕等領域發展。作為 BCRC 的管理顧問，他一直負責澳大利亞一些最大項目的耐久性設計。Papworth 先生於 2010~2015 年擔任澳大利亞混凝土協會混凝土耐久性委員會主席，現任國際結構混凝土 (Fib) 委員會 8「混凝土耐久性」主席，並且是 Fib AG4 聯合主席，該行動小組負責模型規範 2020 耐久性設計。2014 年，他因混凝土耐久性研究獲 Mohan Malhotra 獎。

Golding 先生獲 University of Adelaide 工商管理碩士學位和工程學士學位，並在澳大利亞鋼鐵行業從事製造、營銷和一般管理工作近 30 年。他是澳大利亞和紐西蘭熱浸鍍鋅 (HDG) 檢查員課程的主要撰稿人，並合著了 ASI 出版物「鋼結構腐蝕防護的設計和細節」。Golding 先生是七個澳大利亞標準委員會的成員，包括 BD-084 (鋼筋和預應力材料) 和 MT-014 (金屬腐蝕)。自 2011 年以來，他一直擔任澳大利亞熱浸鍍鋅協會 (Galvanizers Association of Australia) 的首席執行官。

熱浸鋅鐵合金 (GA) 無鉻型鈍化皮膜產品開發

黃俊源¹、郭敬國²、曾奕憲¹

¹ 中國鋼鐵公司 冶金技術處

² 中國鋼鐵公司 新材料研究發展處

一、前言

日本國土交通省近年修訂了「公共建築工事標準仕様書(建築工事編)」，針對使用於建材之熱浸鍍鋅及彩色烤漆鋼料選用，明確建議採用「無鉻(不含六價鉻)」鋼材，雖不具強制性，但於日本建材業屬指標性指引，廣為公共建築及民間建築領域所引用，據瞭解 2017 年日本建材業者已著手推動導入「無鉻化」建材用鋼，於 2018 年已有不少日本建材業者如文化鐵捲門等，已完成無鉻鋼材之全面切換，此一趨勢除了帶動日本無鉻鋼材之需求外，預計也將會逐漸擴散至週邊國家，對亞洲地區之建材用鋼選用產生深遠影響。

中鋼因應環保無鉻化之需求趨勢，已陸續開發商品化之熱浸純鋅 (GI) 無鉻型表面鈍化處理產品，計有無鉻型耐指紋皮膜 (UB)、無鉻型鈍化皮膜 (UG、NC) 及潤滑型鈍化皮膜 (UL) 等三大類表面處理產品。有鑑於日本建材針對熱浸鋅鐵合金(以下簡稱 GA) 產品已朝向無鉻化表面處理之需求趨勢及其可能產生的影響，中鋼亦著手開發 GA 無鉻型鈍化處理產品，以完備中鋼熱浸鍍鋅塗覆產品系列組合，搶攻無鉻型鈍化皮膜處理建材用鋼市場。

二、開發目標

傳統之 GA 鉻酸鈍化皮膜處理產品係採用價格低廉之鉻酸鈍化處理劑經塗覆、烘烤後作為表面防銹處理，僅需極薄的塗覆量即可提供鍍鋅層良好耐蝕性，因鉻酸鈍化處理劑具備良好生產操作性及成本低廉之優勢，故

一直以來是鍍鋅建材用鋼之主流選擇。

本案 GA 無鉻型鈍化皮膜產品之開發係順應環保潮流，旨在取代傳統之 GA 鉻酸鈍化皮膜處理鋼材，故 GA 無鉻型鈍化皮膜產品之耐蝕性、表面品質、塗裝性、銲接性等各項性能，均以等同於或優於 GA 鉻酸鈍化皮膜產品性能為目標，主要的品質項目如表 1 所示，總共有 7 項。

表 1 主要產品品質特性項目及其判定基準

項次	產品品質特性	評估方法及判定基準
1	塗料成分	塗料設計完全不含鉻成分
2	耐蝕性	平板中性鹽霧試驗 24 小時無點銹
3	表面品質	目視表面品質外觀均勻，無塗覆不均等缺陷
4	鍍層抗粉化性	以 90° V 型彎曲試驗後膠帶黏貼彎曲內面評估，抗粉化性需與 GA 鉻酸鈍化皮膜產品相當。
5	塗裝性	(1) AC/AD/ 粉體百格一次密著性、無脫落。 (2) AC/AD/ 粉體百格二次密著性、無脫落。 (3) 粉體塗裝 Cross-Cut 鹽霧試驗 500 小時，剝離寬度小於 2mm。
6	銲接性	以點銲評估可銲電流區間，需優於或相當於 GA 鉻酸鈍化皮膜產品。
7	潤滑性及耐磨耗性	以 Bowden Test 法評估 4th、20th 及 50th 動摩擦係數，需優於或相當於 GA 鉻酸鈍化皮膜產品。

三、無鉻型鈍化處理設計與防蝕機制

中鋼研發之無鉻型表面鈍化處理藥劑，完全不添加鉻成分，即完全不包含三價鉻與六價鉻，主要由成膜劑與防蝕劑兩大類複合而成，成膜劑主要成分由樹脂、螯合劑等複合而成，可強化塗覆之成膜緻密性；防蝕劑則由多種金屬化合物及有機螯合劑複合而成，具自我修復作用。有關無鉻型鈍化皮膜產品之防蝕機制如圖 1 所示，主要以阻絕腐蝕因子與提升鋅層與塗膜之介面密著性而達到防蝕效果，處理劑採取了有機/無機複合成分設計。

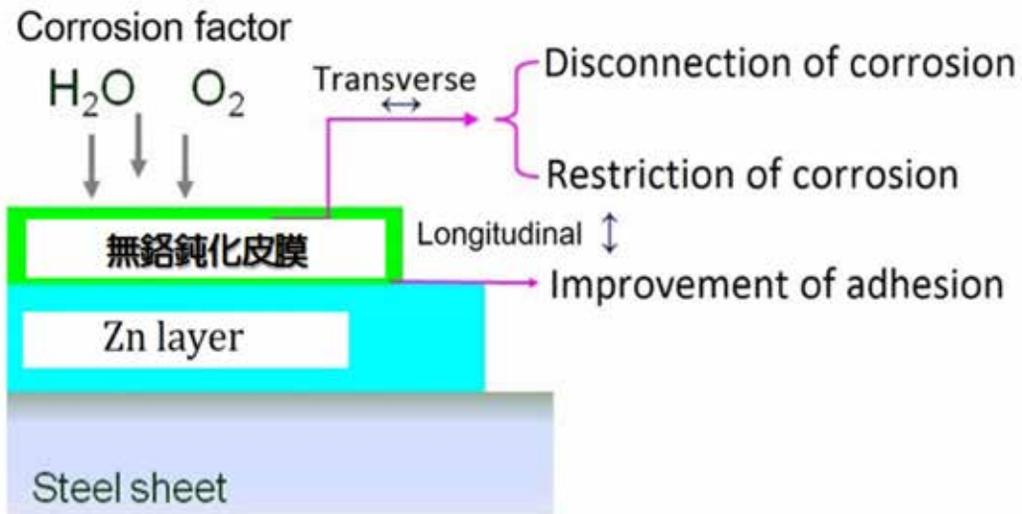


圖 1 無鉻型鈍化皮膜防蝕機制示意圖

四、塗覆製程設計與各項性能評估

中鋼的 GI 無鉻型鈍化皮膜產品發展已有多多年歷史，但 GA 產品特性與 GI 產品截然不同。GA 產品之鋅層由鋅 - 鐵相組成，鍍層硬度較高，於合金化處理後，因鋅 - 鐵原子擴散反應而產生較高之表面粗糙度，在 GA 產品表面塗覆無鉻型鈍化皮膜之難度相較於 GI 產品更具挑戰性，故試製開發階段設計了不同的塗覆參數進行塗覆，以取得不同膜重樣本進行性能評估。

(一) 無鉻型鈍化皮膜處理塗覆參數與膜重對應性

為使塗膜能完整覆蓋 GA 的粗糙表面，塗覆製程採取逆向塗覆模式以提升塗覆膜重，其示意圖如圖 2 所示。試製共採用 3 種不同的塗覆操作參數組合，包括 NIP-P(NIP-Pressure；塗覆輥夾持壓力)、PUR(Pick-up Roll Ratio；帶漆輥轉速比)以及 APR(Application Roll Ratio；塗輥轉速比)，如表 2 所示。一般來說降低 NIP 壓力、提高 PUR 及 APR 轉速比，均有助於提升膜重。此論文中提出三種不同的塗覆參數，分別產製低、中、高等三種不同塗膜膜重產品，後續將針對不同膜重試片取樣進行性能評估。

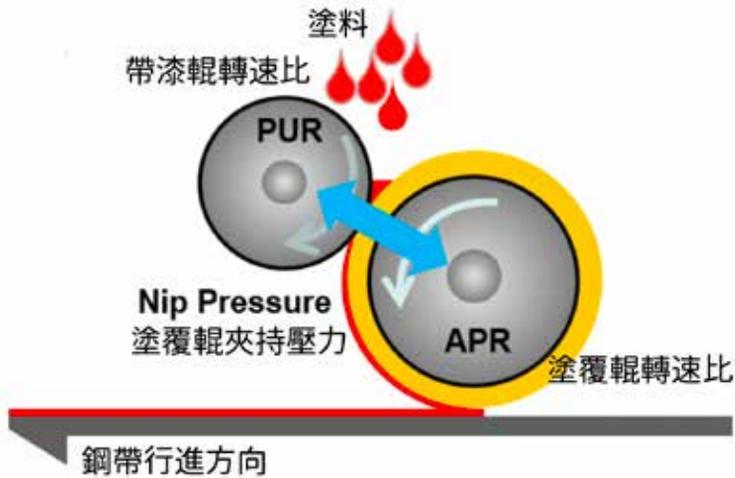


圖 2 逆向塗覆示意圖

表 2 三種塗覆參數與塗覆膜重結果之彙整

塗覆操作條件	塗覆參數設定				膜重 (g/m ²)
	塗覆方向	NIP Pressure(kg)	帶漆輥轉速比 PUR(%)	塗覆輥轉速比 APR(%)	
條件 A	逆向塗覆	標準	標準	低	0.7
條件 B	逆向塗覆	標準	標準	標準	1.0
條件 C	逆向塗覆	低	高	高	1.3

(二) 表面微觀觀察

取樣條件 B 試片對表面進行 SEM 微觀觀察，圖 3 為未經塗覆之 GA 裸材觀察，可見軋延後之被工輥剷平之平台組織與未被軋延處之針狀組織 (ζ 與 δ 相之鋅 - 鐵結晶組織)，圖 4 則為經塗覆後之表面觀察，其針狀鬆散組織經塗料披覆後已相對減少，顯示無鉻型鈍化皮膜對表面之覆蓋性良好，可作為鍍鋅層與大氣之隔離，強化產品耐蝕性。

(三) 表面品質

如圖 5，挑選膜重最高之試片 C 進行表面品質觀察，目視表面外觀良好，均無塗覆流線痕、彩虹紋等缺陷，以手觸摸表面細滑、無粉化顆粒感，

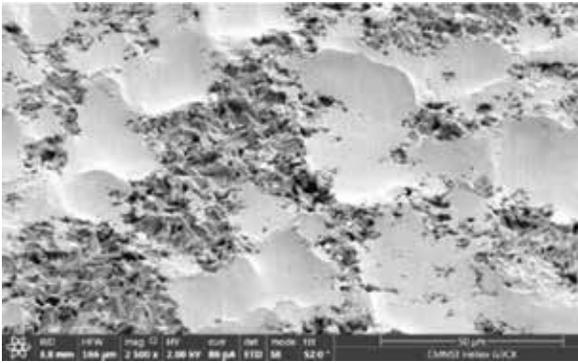


圖 3 GA 裸材表面 SEM 觀察

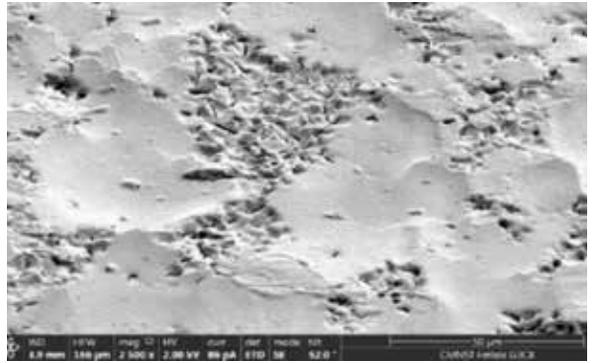


圖 4 GA 無鉻型鈍化處理表面 SEM 觀察



圖 5 GA 無鉻型鈍化皮膜材表面外觀



圖 6 GA 鉻酸鈍化皮膜材表面外觀

質感良好，與表面極易出現塗覆流線痕之傳統 GA 鉻酸鈍化皮膜產品比較（圖 6），GA 無鉻型鈍化皮膜處理產品之表面品質表現更為優秀。

（四）鍍層抗粉化性

以 90° V 型彎曲試驗評估抗粉化性能，彎曲後以 3M 膠帶堅實黏貼於彎曲內側面，並迅速拉起膠帶，檢視膠帶及試片彎曲部份之鍍層粉化狀況，結果 GA 無鉻型鈍化皮膜產品（圖 7）抗粉化性與現行 GA 鉻酸鈍化皮膜產品（圖 8）相當，符合開發設定目標。



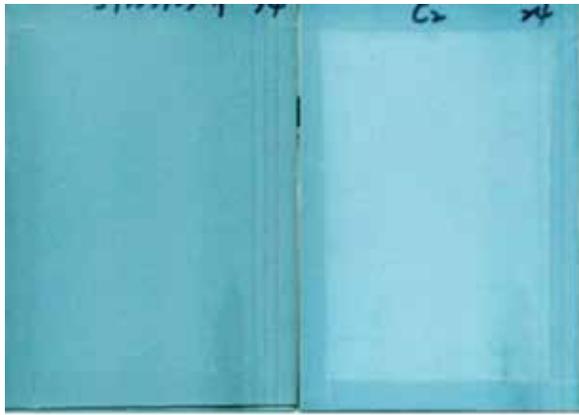
圖 7 GA 無鉻型鈍化皮膜材 90° V 型彎曲試驗膠帶黏貼結果



圖 8 GA 鉻酸鈍化皮膜材 90° V 型彎曲試驗膠帶黏貼結果

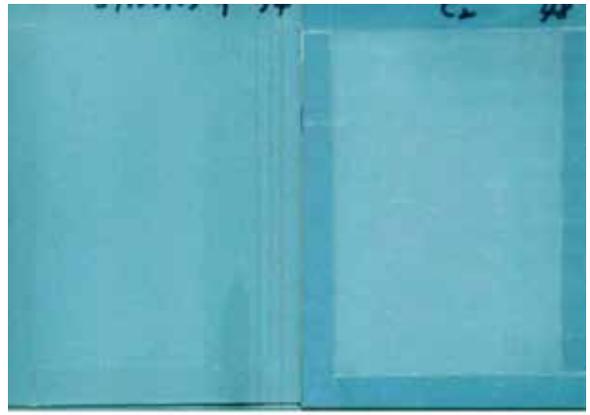
(五) 耐蝕性

以中性鹽水噴霧試驗評估耐蝕性(依據 ASTM B117 規範)，挑選膜重最低之條件 A 試片(膜重 0.7g/m^2)與現行 GA 鉻酸鈍化皮膜處理試片，同時進行 24 小時及 48 小時鹽霧試驗評估比較。結果於 24 小時後，GA 無鉻型鈍化處理材與 GA 鉻酸材之白銹面積均小於 5%，如圖 9 所示，48 小時後，兩者之白銹面積亦均小於 5%，如圖 10 所示，顯示 GA 無鉻型鈍化處理產品之耐蝕性能良好，不遜於現行鉻酸鈍化皮膜處理材。



GA 無鉻SST 24h GA 鉻酸SST 24h

圖 9 24 小時中性鹽霧試驗結果



GA 無鉻SST 48h GA 鉻酸SST 48h

圖 10 48 小時中性鹽霧試驗結果

(六) 塗裝性

為評估塗裝泛用性，挑選膜重較高之 C 試片(膜重 1.3g/m^2)，採取常見的壓克力樹脂 (Acrylic)、醇酸樹脂 (Alkyd) 及粉體塗裝等三種塗裝，於塗裝後進行百格試驗評估一次密著性(圖 11)，並進行 $40^\circ\text{C}/10$ 日(圖 12)、沸水/2 小時(圖 13)處理後之二次密著性測試，結果顯示無論是一次密著或二次密著評估，塗裝後塗漆層附著性均 100% 附著無脫落。另針對粉體塗裝進行 Cross-Cut 500 小時鹽霧試驗(圖 14)，結果顯示剝離寬度皆小於 2mm 內，且無起泡，說明粉體塗裝耐蝕性良好。

(七) 銲接性(點銲性評估)

將 GA 無鉻型鈍化皮膜試片(試片 C)與 GA 鉻酸鈍化皮膜試片，進



圖 11 一次密著試驗結果

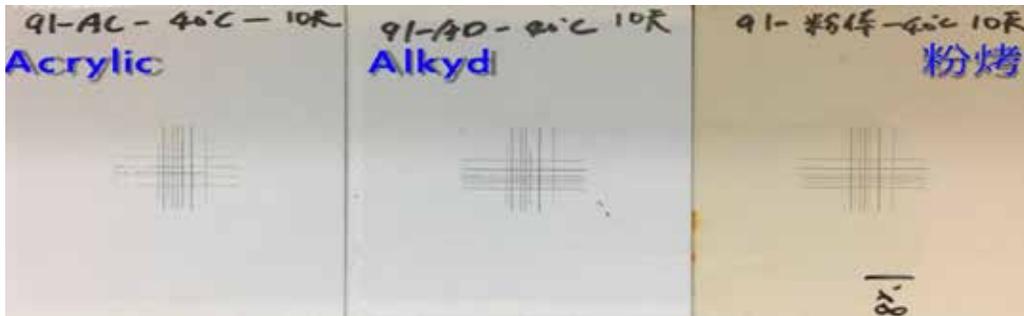


圖 12 二次密著試驗結果(40°C/10日)



圖 13 二次密著試驗結果(沸水/2小時)

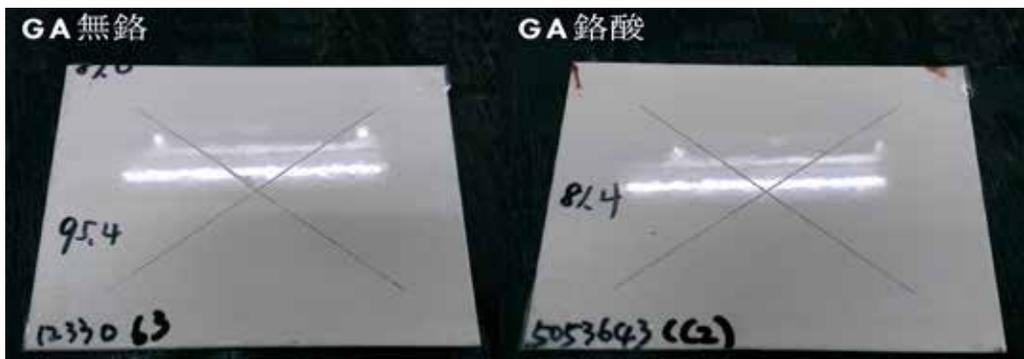


圖 14 粉體塗裝後 Cross-cut 鹽霧試驗 500 小時結果

行銲接性評估比較，評估兩者之可銲電流區間，最小可銲電流定義為成核直徑達 $4\sqrt{t}$ 時之電流，最大可銲電流則為飛爆出現之電流。銲接試驗評估結果如圖 13 及圖 14 所示，GA 無鉻型鈍化皮膜材之可銲電流區間為 5.5 ~ 8.48kA，較 GA 鉻酸鈍化皮膜材之 5.94 ~ 8.3kA 範圍更廣，顯示標準型 GA 無鉻型鈍化皮膜產品銲接性能略優於現行 GA 鉻酸鈍化皮膜產品。

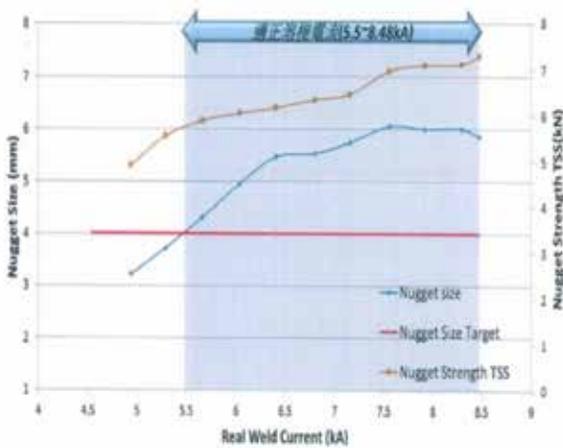


圖 15 GA 無鉻型鈍化材可銲電流區間

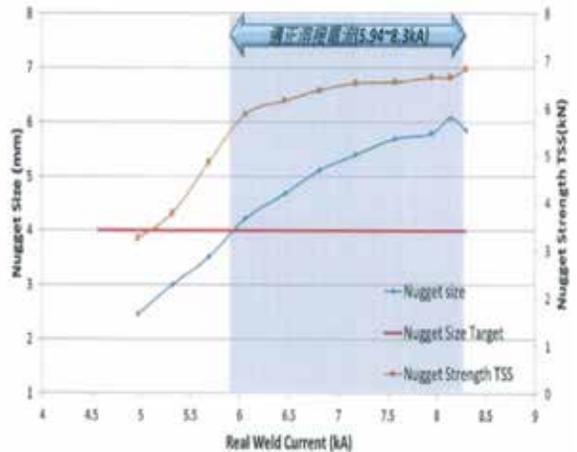


圖 16 GA 鉻酸鈍化皮膜材可銲電流區間

(八) 潤滑性及耐磨耗性

將 GA 無鉻型鈍化處理材與 GA 鉻酸鈍化皮膜處理材，以 Bowden Test 法量測動摩擦係數 (COF_k)，試驗條件採荷重 200g、直徑 10mm 鋼球，移動速率採 300mm/min，於試片表面進行來回摩擦測試，單一行程長度為 50mm。動摩擦係數試驗結果彙整於表 3 及圖 17，GA 無鉻型鈍化皮膜材之動摩擦係數由初始至最終均小於 GA 鉻酸鈍化皮膜材，表面潤滑性較佳，且隨著測試道次增加時，GA 無鉻型鈍化皮膜材之動摩擦係數仍維持相同水準，顯示 GA 無鉻型鈍化皮膜材之耐磨耗性較 GA 鉻酸鈍化皮膜材為佳。

表 3 動摩擦係數試驗結果

測試道次	4th	20th	50th
GA 無鉻型鈍化皮膜材	0.24	0.24	0.22
GA 鉻酸鈍化皮膜材	0.35	0.52	0.60

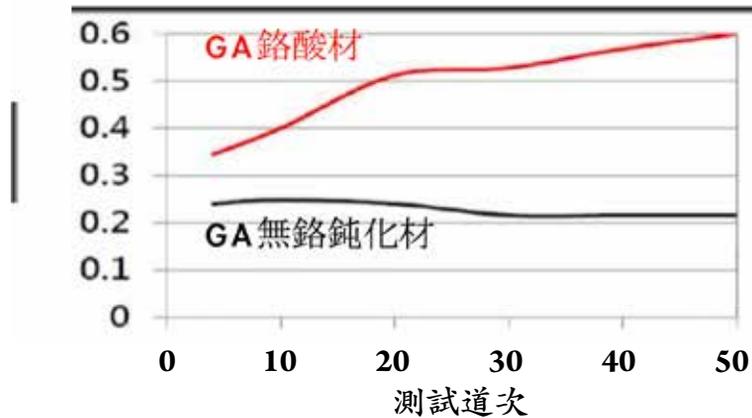


圖 17 動摩擦係數 (COF_k) 隨測試道數之變化趨勢

五、結論

- (一) 中鋼以自行研發之 GA 專用無鉻鈍化處理塗料，成功開發 GA 無鉻型鈍化皮膜產品，塗覆膜重設定於 $1.0 \pm 0.3 \text{g/m}^2$ ，因塗料完全不含鉻（三價鉻及六價鉻），可符合世界鋼材無鉻化環保趨勢。
- (二) 中鋼開發之 GA 無鉻型鈍化皮膜產品經評估其耐蝕性、塗裝性、銲接性、潤滑及耐磨耗性等重要品質特性，均與現行 GA 鉻酸鈍化皮膜產品相當或表現更為優秀，性能比較表彙整如表 4，可完全取代現行 GA 鉻酸鈍化皮膜產品，應用於建材業界。

表 4 GA 無鉻型鈍化皮膜產品與 GA 鉻酸鈍化皮膜產品性能比較表

產品名稱	耐蝕性	塗裝性	銲接性	潤滑性	耐磨耗性
GA 無鉻型鈍化皮膜產品	○	○	○	○	○
GA 鉻酸鈍化皮膜處理產品	○	○	○	X	X

鄉林山海匯水筆仔大廳

陳鼎吉¹

¹ 新時代鋼架(股)公司副總經理



設計單位：上圓建築師事務所
 施工單位：鄉林建設 / 太裕營造 / 金多科技 /
 新時代鋼架(股)公司
 熱浸鍍鋅廠商：尚燁工業股份有限公司
 熱浸鍍鋅總重量：135 公噸

一、前言

本工程位於捷運淡水紅樹林站附近山坡上，遠眺觀音山、關渡大橋、淡水河口、渡輪、遊艇、風帆、落日…等，美不勝收！

本工程包含山匯特區與海匯特區，共計約 5000 坪，是難得一見超大基地且座高望遠、居高臨下，是難得的帝王豪宅特區。另外，鏡面水池與

石材造就懸浮在水面上的水筆仔大廳，而垂直電梯穿越水面，彷彿進入另一空間，極致之美！

二、工程特色

很難想像一片鋼板怎能變成美麗的圖案，這是一個集合切割、電銲、折壓、研磨、熱浸鍍鋅及油漆，所有高級工藝集於一體的完美藝術品，如圖 1 所示。

我們將工序分為 " 鋼板展開、2D 折壓及 3D 組銲 "，說起來很簡單，但做起來一點也不容易。

(一) 鋼板展開

利用 3D MODEL 建置 1:1 比例模型，先將鋼板展開成平面切割，再利用 NC 火焰切割成一片一片鋼板，如圖 2 所示。配合施工圖組成異形 BH 型鋼，為了不破壞這美麗的造型，我們研究了自動銲接方法，讓每個銲道都能整齊美觀，如圖 3 所示。但這才是一個小小開端而已。

(二) 2D 折壓

這是施工上一大突破！折壓是最重要階段，攸關成敗。首先利用厚紙板反覆試驗及實品試驗，然而是一次又一次挫敗，就像國父十次革命失敗一樣，剛好也是十次。最後我們與廠商協商，放棄傳統先見，讓我們在折壓機旁盯著，一步一步的試作，才能成功達到我們的要求，連專業折壓師傅都說怎麼可能這樣！

形狀有了，但壓痕過大，又是一大難關。為了避免過度折壓，我們用雷射切割製作每一處樣板，精確要求折壓位置及角度，一個一個位置去比對是否正確，無誤後才能一次大量加工，如圖 4 所示。

(三) 3D 組銲

這部分難不倒我們！先設計了一個大構台，將頭尾開槽好的零件，一個一個擺放至定位，然後控制好變形再逐一依序電銲。為配合鋼板切割、組銲、折壓、運輸、熱浸鍍鋅等製程，我們將構件分割成一個一個單元，如圖 5 至圖 7 所示。

為了避免運輸變形，構件先打造了搬運架小心呵護，時常一部車只能裝上 4 個構件，也耗費不少建造成本。直到看到成品組裝完成，才直呼不可思議，真像一條 " 美麗的變形蟲 "。

當我們不斷讚嘆設計師怎能想出這樣美麗的作品時，設計者更由衷佩服施工者燒切、敲打、滾壓、鎚擊及電銲的技藝。長 25m、寬 22m、高 9m 的水筆仔大廳，讓整個構件包覆在大廳結構外圍，地面基礎則自立於水面上。水筆仔大廳單靠屋頂的壓力環跟結構體沒有任何連結，經結構技師分析鑑定結果，其結構穩定且安全無虞。深入水面下的結構是不銹鋼件，不易腐蝕。這些種種，設計單位都一一考慮詳盡。水筆仔大廳上部花格狀結構採用熱浸鍍鋅 ($710\text{g}/\text{m}^2$ 以上)，然後經手工噴砂，再施以界面底漆及古銅色的抗 UV 的氟碳樹脂漆處理，因此耐海風侵蝕且在陽光曝曬下不易變色。

三、結語

水筆仔大廳鋼結構工程在別人眼裡看起來是不可思議的任務，如圖 8 至圖 10 所示，但我們做到了。因有著最優秀的團隊以及最好的熱浸鍍鋅技術。



圖 1 水筆仔大廳外觀



圖 2 鋼板 NC 火焰切割成一片一片



圖 3 組成异形 BH 型钢



圖 4 2D 折壓



圖 5 2D H 鋼組合



圖 6 經熱浸鍍鋅處理



圖 7 熱浸鍍鋅後再經塗覆氟碳樹脂漆



圖 8 水筆仔大廳外觀 1



圖 9 水筆仔大廳外觀 2



圖 10 水筆仔大廳外觀 3

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

※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

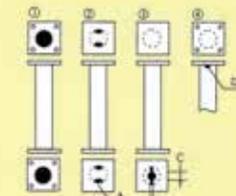
密閉結構物無法進行熱浸鍍鋅作業
中空體之製品，有密閉和未密閉空氣流通孔之構造物，鍍液在(440℃)之密度約6.7g/cm³，鍍液在此時浮力最大，所以結構物無法作業。

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升到10個大氣壓以上，也就是說會產生「水蒸氣爆炸」鍍件會發生破壞，若鍍液會飛濺到人身上，而變成工作人員之危險。

管件加工品

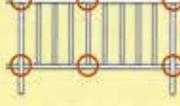
管狀加工品



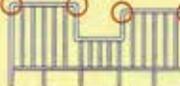
- ①：最好精確均稱。
 - ②：切割大小面積30%以上開放，直徑如果未達到76mm以下，則必須精切45°以上。
 - ③：②及③狀況時，則在本體180°之位置切角。
- 例：直徑152cm
A=半徑44mm B=寬度19mm
C=直徑76mm D=半徑41mm

平面的加工品

每一組合部位，須有預留孔



每一轉角部位，須有預留孔



立體的加工品

立體與平面加工部份，和直角均應預留孔。



每一組合處之開孔，內部應預留孔。



通氣孔應可能的在直角內側，依直徑之大小可留孔φ~30#，孔徑之大小=直徑×0.25，應儘以φ#以上。

型鋼加工品

片型鋼加工品



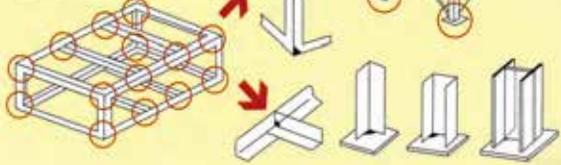
應依切角切角之大小為15R~35R左右(僅限於H-100~H-300之型鋼)

平面的加工品



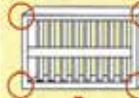
上圖之例，在每一轉角處，因會積留空氣含銹液，故在a-a'和b-b'之處開通氣孔。

立體的加工品



角管加工品

平面的加工品



通氣孔必須儘可能的接近轉角處

下圖角兩端預留孔之例



右邊圖仍應預留孔



各器組合部位開孔位置之例



立體的加工品



組合部位內部也須預留孔



上圖之直徑開孔位置

另一方法



重疊接合的製品

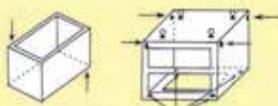
點焊時，銲接部位的開孔，會因水份滲入，而在熱浸鍍鋅時產生氣泡不上，銲水會滲出表面的現象，且更會因滲入之水份而助成爆炸之現象，致使銲接部位因而產生裂縫。

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，如因不同厚度之銲接，銲接後可能會發生變形、龜裂之現象。

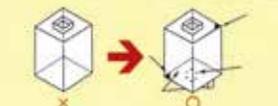
直徑在20×20cm以下全周銲接
直徑在20×20cm以上，則應預留通氣孔



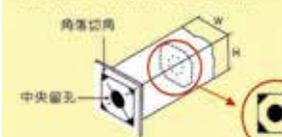
角箱和桶類之製品



原箱之大小，來決定通氣孔孔徑、數量、大小之不同；另須銲接吊耳，以利熱浸鍍鋅之作業



管徑內有補強板之製品



中央部位開孔和角部部位開孔之大小如右表：

補強尺寸 (H=30mm)	中央孔和角部 孔之直徑φ
φ150以上	25以上
φ200~φ400標準	30以上
200~400不敷	φ40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：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	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	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	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：



董事長：魏豐義先生
執行長：蔡明達先生
助理：賴淑娟小姐

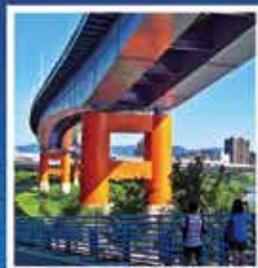
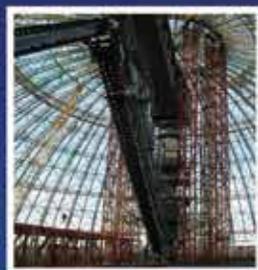
三、第十屆董監事名單：

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	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	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	監事
4	鄭旭成	董事	8	蕭勝彥	董事	12	施漢章	董事	16	彭振聲	監事

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>

43-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



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，將以往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、銲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

2019 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



恆溫 儲溫 無油煙

電視購物百貨公司特價990元

讀者會員價660元

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



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

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、螺絲、螺帽
、華司及其他鋼鐵配件。



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

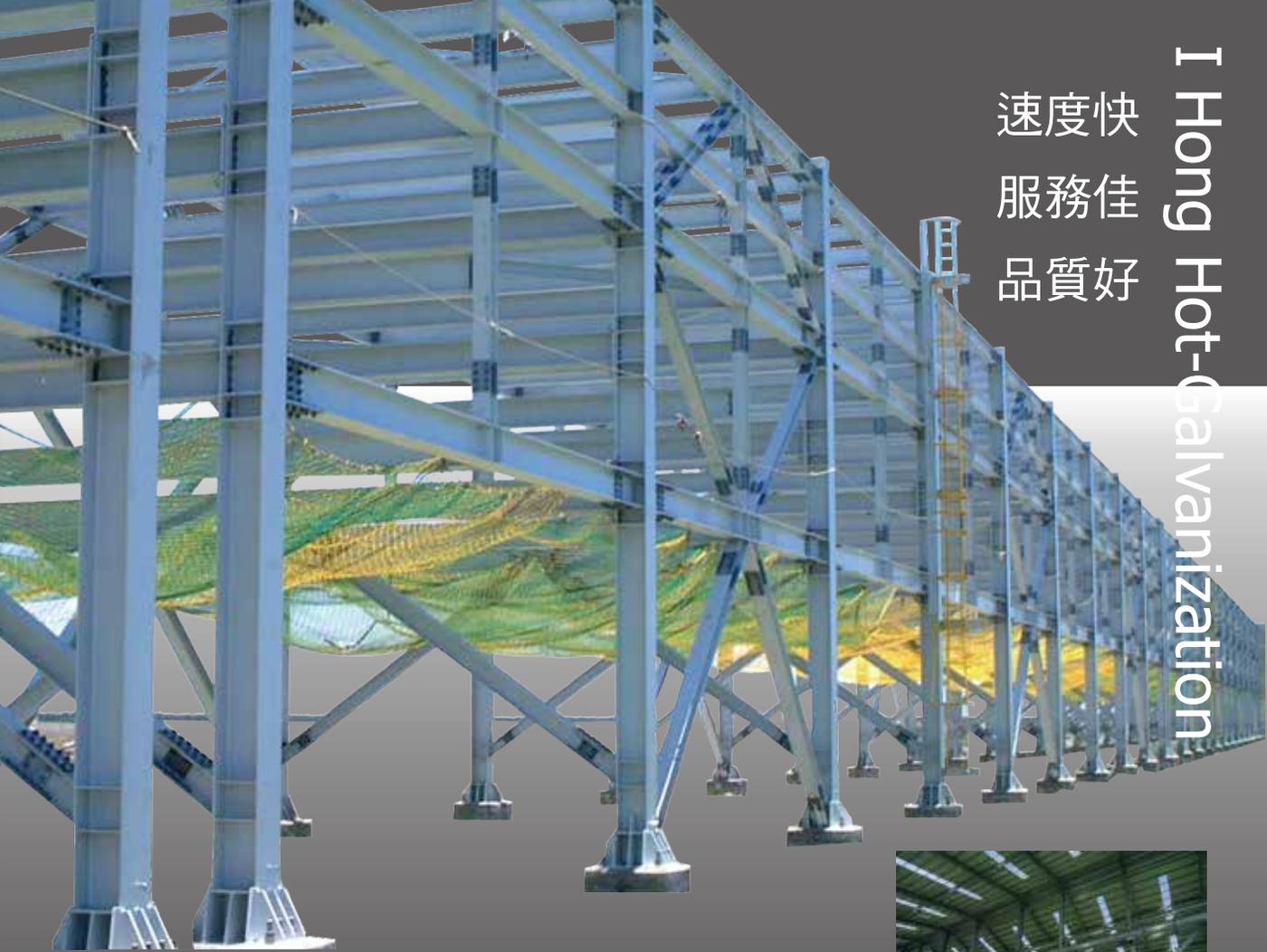
台南廠：台南市山上區明和里北勢洲76號

Tel：06-5783702 Fax：06-5783550

E-mail：hyg@tgnet.com.tw

「臺鍍科技股份有限公司」原為「台灣鍍鋅股份有限公司」，於民國九十六年八月一日更名

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

信譽的標誌 鐵塔 · 橋樑名廠

 株式会社 サンテツ  住電朝日精工株式会社 SUMIDEN ASAHI INDUSTRIES, LTD.  株式会社 トモエ 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



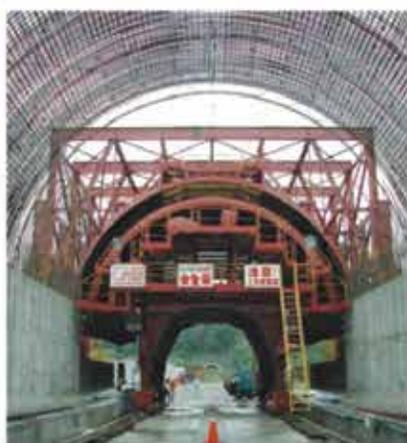
防止墜落裝置



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