

# 熱浸鍍鋅

趙焜堦題

2024/01

NO.84

<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





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

# 熱浸鍍鋅

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

## INDEX

- 1 **第一單元** ▶ 生產技術及防蝕技術專題：  
◎熱浸鍍鋅鋼筋應用於第三座液化天然氣接收站棧橋之施工案例介紹  
◎方型鋼管柱隔板開孔對梁柱接合強度研究
- 35 **第二單元** ▶ 工程實績介紹：  
◎鳳山溪水月意象景觀橋工程
- 41 **第三單元** ▶ 本會認證熱浸鍍鋅廠合格廠商

說明:因篇幅因素,單元略作調整,第一單元活動紀實、第四單元熱浸鍍鋅問答集、第六單元熱浸鍍鋅結構物設計要點、第七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本期暫不刊登。

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 ■ 806024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  
台北連絡處 ■  
地址 ■ 106004台北市大安區和平東路一段117號2樓  
電話 ■ (02)2561-7665  
傳真 ■ (02)2712-3686  
網址 ■ <http://www.galtw.org.tw>  
電子信箱 ■ [galvanat@ms63.hinet.net](mailto:galvanat@ms63.hinet.net)  
印刷設計 ■ 達利金廣告設計有限公司 0939784123

2024/01  
NO.84



鳳山溪水月意象景觀橋工程

起造單位：新竹縣竹北市公所  
設計單位：邑葦工程顧問有限公司  
監造單位：邑葦工程顧問有限公司  
施工單位：泰欣營造(股)公司  
鋼構製造：竹榮鋼鐵工業(股)公司  
鍍鋅單位：臺鍍科技(股)公司  
鍍鋅總重：約1,043噸  
總工程經費：189,408,000元

## 廣告索引

- 封底 ▶ 力鋼  
封面裡 ▶ 慧鋼  
封底裡 ▶ 盟雅  
4 2 頁 ▶ 鋼結構協會  
4 3 頁 ▶ 美商傑明  
4 4 頁 ▶ 恆康  
4 5 頁 ▶ 亨欣  
4 6 頁 ▶ 易宏  
4 7 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》

## 熱浸鍍鋅鋼筋應用於第三座液化天然氣接收站棧橋 之施工案例介紹

### Introduction of Hot-Dip Galvanized Rebar in the Third Liquefied Natural Gas (LNG) Receiving Terminal Trestle

林庚達<sup>1</sup>、王和源<sup>2</sup>、羅國安<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 國立高雄大學土木與環境工程學系兼任助理教授

<sup>2</sup> 國立高雄科技大學土木工程系特聘教授

<sup>3</sup> 東丕營造股份有限公司專任工程人員

#### 摘要

第三座液化天然氣接收站棧橋新建工程位於桃園市觀音區觀塘工業區專用碼頭東北側，主要作為岸側液化天然氣 (Liquefied Natural Gas, LNG) 儲存槽區銜接海側離岸卸收碼頭。由於棧橋多數設施坐落或鄰近於海域，鹽害腐蝕環境易使鋼筋或鋼結構構造物壽命減損。藉由鍍鋅鋼筋的防蝕策略及有效落實三級品管制度，將可讓結構物耐久年限延長，此外透過施工過程的簡介，使其了解熱浸鍍鋅產業也是國家重大能源政策計畫不可忽略的一環。

關鍵字：防蝕、鍍鋅鋼筋、棧橋、液化天然氣接收站

#### 一、工程概述

本工程位處桃園市觀音區塘尾、大塘地區一帶之觀塘工業區內之工業專用港東北側，如圖 1 所示。岸側銜接液化天然氣 (Liquefied Natural Gas, LNG) 儲存槽區，海側銜接離岸卸收碼頭，棧橋全長 1.23 公里，如圖 2 所示，分為卸收站側路堤長約 145m、橋梁段長度約 946m 及儲存區側路堤長度約 139m；橋梁寬度為 8.5m 及 21.5m，另於 P1 ~ P8 橋墩側各設置一處橫向 10.4m×縱向 15m 之橋面平台 (彎管平台)，共計 8 座，



圖 1 第三座液化天然氣接收站棧橋新建工程位置圖

如圖 3 所示。整個接收站棧橋鳥瞰圖，如圖 4 所示。

1. 卸收站路堤段 (0k+000 ~ 0k+145): 主要工程項目包含 U 型擋土牆、土方填築、排水等工程。
2. 橋梁段 (0k+145~1k+091): 橋梁段自卸收站端至儲存區端共分為三個單元，總長度為 946m，採用預力混凝土箱型構造。首先是懸臂工法段 (長 856m)，包括第一單元：從橋台 A1 到橋墩 P5，為五跨預力箱型，最大跨徑為 110m，長度為 470m，橋面寬度為 21.5m；第二單元：從橋墩 P5 到橋墩 P9，為四跨預力箱型，最大跨徑為 115m，長度為 386m，橋面寬度為 21.5m。第三單元使用逐跨架設工法段，從橋墩 P9 到橋台 A2，採用二跨預力箱型，最大跨徑為 45m，長度為 90m，橋面寬度為 8.5m。
3. 儲存槽區路堤段 (1K+091 ~ 1K+230): 進行 U 型擋土牆、土方填築和排水等工程。引道使用 U 型擋土牆，土方填築所需的材料來源於本工程的開挖利用。道路兩側安裝排水設施，並採用柔性瀝青混凝土路面。排水工程包括在路堤段的兩側設置排水溝，在工程起點和終點的路堤兩側分別設置一座匯流井，這些匯流井之間使用 RCP (直徑為 600mm) 連接。此外，在 A1、A2 橋台和 P1、P9、P10 橋墩附近設置了集水井。

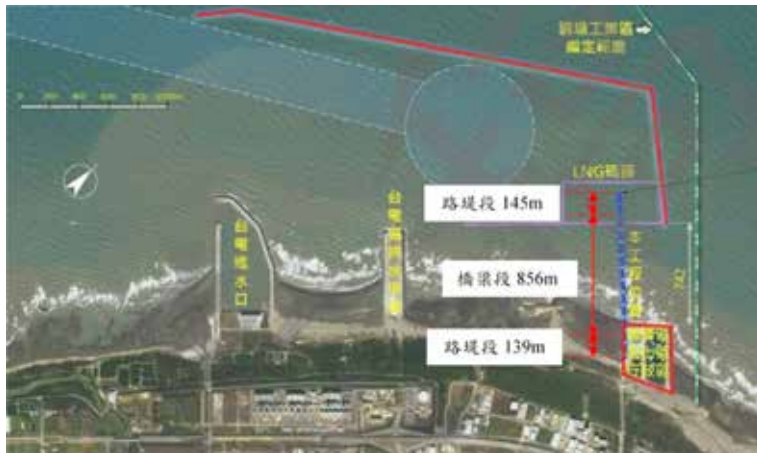


圖 2 第三座液化天然氣接收站棧橋新建工程位置圖

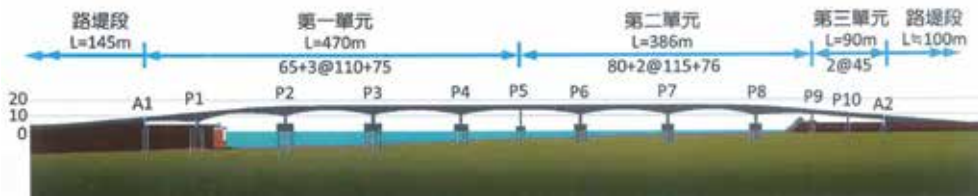


圖 3 第三座液化天然氣接收站棧橋立面圖



圖 4 鳥瞰第三座液化天然氣接收站棧橋

## 二、主要施工程序及施工方法

本工程主要施工項目為橋梁工程 (946m)、彎管平台 (8 座)、臨時施工便橋及地質調查<sup>[1]</sup>，除橋台 A2 至橋墩 P10 至 P9 區段為陸域施工外，其餘屬海上作業。橋梁分為三單元，依施工環境情況，分為三施工區段：(1) 陸域區段，橋墩 P9 至橋台 A2 間，以工區腹地而設置之臨時便道，作為施工動線；(2) 施工便橋區段，橋墩 P5 ~ P9 間，水域深度不足 2m，船舶無法靠近，採用施工便橋連接陸域之施工便道，作為施工動線；(3) 海域區段，橋墩 P5 至橋台 A1 間，水域深度 3.5m 以上，以船舶聯結海域各施工點，再利用設置於施工便橋端部之臨時碼頭，銜接施工便橋及陸域施工便道，作為施工期間之施工動線。海域區之混凝土，因陸運無法到達，將以混凝土拌合船供應。

以下針對本工程中主要幾個施工程序簡述如下：<sup>[3]</sup>

### 1. 施工便橋及施工構台作業

本工程計劃在彎管平台側設置一座臨時施工便橋，橋面寬度約為 8m，用於連接 LNG 陸側儲存槽填土區和海上各墩座施工平台，作為海上工程施工作業的通道，以便於人員、機具設備和材料的交通運輸。

施工便橋的橋面高程設定為 EL+6.0m（高於設計潮位 EL+2.95m），以避免受潮位影響，確保施工通道的交通運輸安全。然而，在橋墩 P1 至橋墩 P2 之間的施工便橋將受鄰標沉箱拖放作業的影響，因此需要局部拆除。同樣地，在該沉箱以西（從橋墩 P1 到橋台 A1）的施工作業也將受到鄰標工程填土作業的限制，並且該區域內的施工設備需要全部拆除。因此，本工程在沉箱以西的施工作業將被暫停，等待鄰標的外海填區工程第五階段完工後，根據工程管理機構的通知再次進行未完成的施工作業。

施工便橋的橋面寬度約為 8m，橋面高程約 EL+6.0m。根據海床高度和便橋樁柱的勁度需求，施工便橋分為淺灘區和深槽區兩種類型，如

圖 5 及 6 所示。

淺灘區的施工便橋每跨長度為 8m，下部結構採用 H 型鋼，而深槽區的施工便橋每跨長度約在 15~20m 之間，下部結構則使用直徑為 1,000mm 的鋼管作為樁柱。樁柱都會打設至足夠深度以穩固固定在海床上，並使用角鋼或鋼管進行樁柱間的連結。在樁柱的頂部設置一支 H 型鋼 (H400×400×13×21) 作為帽梁；而上部結構則有 5 根 H 型鋼縱梁橫跨在帽梁上方，相鄰縱梁之間的橋墩處設置端橫梁，並配置中間橫梁作

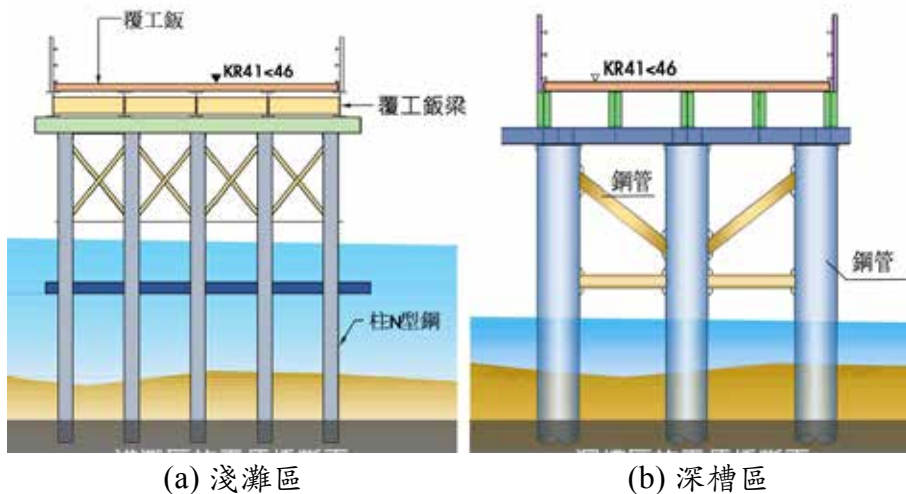


圖 5 淺灘區及深槽區之施工便橋



圖 6 施工便橋及彎管平台現況



為輔助支撐。

橋面部分則使用  $1\text{m}\times 2\text{m}\times 20\text{cm}$  的覆工鈹覆蓋在縱梁上方，並在兩側設置欄杆、輪擋和警示燈，以確保車輛和人員通行的安全。

## 2. 全套管鑽掘樁及樁帽施工

本工程的全套管鑽掘樁根據工地環境條件分為陸域區、施工便橋區及海域區三個區域進行施工，如圖 7。此外，在橋墩 P10 處計劃進行基樁載重試驗。



圖 7 全套管基樁施工

樁帽的施工分為陸域部分和海域部分：(1) 陸域部分之樁帽底部高程低於原地面，使用 PC-200 挖土機進行樁帽開挖，必要時（開挖深度超過 1.5m）將進行鋼板樁的擋土支撐。(2) 海域之樁帽採用樁帽鋼套箱圍堰作為擋水設施，混凝土則使用自充填混凝土。棧橋的樁帽厚度為 2.5m 至 5m。彎管平台的樁帽厚度為 3m。隨著潮汐變化，部分樁帽可能會露出海面。

## 3. 墩柱施工

棧橋墩柱的斷面形式為下層為直線段的圓柱斷面，上層則為橢圓形擴大斷面，如圖 8 所示。棧橋墩柱的施工採用施工平台進行，施築過程中使用分層的鋼模板進行作業。



圖 8 棧橋墩柱的斷面形式

#### 4. 箱型梁施工

本工程橋梁段 (0K+145 ~ 1K+091) 自卸收碼頭端至儲存槽端共計 3 單元，採預力混凝土箱型梁方式，分別為懸臂工法段，如圖 9 所示，及逐跨架設工法段。



圖 9 懸臂柱頭節塊施工情況

#### 5. 路堤段施工

本工程之路堤段分為海側 (0k+000 ~ 0K+145) 及陸側 (1k+091 ~ 1k+230)，全段設置 U 型擋土牆。

### 三、鋼筋表面鍍鋅抗鹽害腐蝕環境之對策

近年來國內外大型工程中，大氣環境處於鹽害程度嚴重的區域，對於鋼筋表面通常採取熱浸鍍鋅對策予以保護，用以抵抗鹽害腐蝕環境<sup>[4-12]</sup>，例如新北區淡水地區的淡江大橋<sup>[6-8]</sup>，金門縣地區於 2022 年剛完工通車的金門大橋<sup>[5, 10]</sup>。

本工程棧橋位於海洋，極嚴重鹽害區，除使用設計規定之材料外，應對本工程所需鋼筋等相關材料，及早規劃因應，施工亦須特別注意耐久性細節，確保耐久之施工品質。

由於跨海或鄰近海洋橋梁因易受海洋鹽害腐蝕嚴重，進而影響橋梁結構的安全性與使用年限，過去許多因鹽害腐蝕處造成橋梁損壞不堪使用或未達使用年限予以提前拆除案例時有耳聞，此為國人所詬病。針對橋梁耐久性交通部頒布的公路橋梁設計規範已在 104 年 4 月修訂（目前新版規範為 109 年 1 月 3 日修訂版）<sup>[2]</sup>，本棧橋工程為第三座液化天然氣接收站之連絡重要橋梁，施工應按規定確實辦理，確保橋梁耐久性，以減少維修、保障國內供電穩定及經濟發展。因此，本工程採取之對策如下：

1. 本工程合約圖說相關規定中特別條款 1.3 節規定，除非另有規定或經工程司同意得免辦理，所有外露鋼構件均須進行鍍鋅防蝕處理。此外，根據技術條款中的『防蝕塗裝』規定，本工程內所有外露鋼構件都必須進行鍍鋅防蝕塗裝處理。因此，在針對本工程所需的鋼筋和鋼構件進行採購備料時，應提前進行規劃，並確保有備用廠商。特別是對於大型構件的鍍鋅處理，考慮到國內廠商的處理能力有限，更需要提前做好相應的準備。
2. 混凝土採用卜特蘭第 II 型水泥，最大水膠比限制為 0.4，並要求礦物摻料量符合規範要求。在購料時，應確保材料的品質。在施工過程中，特別需要注意最小保護層的厚度、表面的平整度、養護工作以及避免

鹽害腐蝕因子進入等施工細節，以提升橋梁的耐久性。

3. 在使用各項臨時措施，如便橋和施工架等時，應考慮海洋鹽害腐蝕以及使用期限的因素。在使用這些臨時措施時，應注意防蝕措施的適用並加強檢視，以確保施工的安全性。

#### 四、鍍鋅鋼筋檢驗

##### 1. 技術施工規範

本工程依據技術施工規範第 03214 章 熱浸鍍鋅鋼筋中，第 3.2.2 款規定：「每批熱浸鍍鋅鋼筋進場時，依加工批次及鋼筋稱號區分，重量不滿 500 公噸時，隨機抽取 1 組，每超過 500 公噸時，應加抽取 1 組辦理檢驗，項目如下：(1)CNS 560 之拉伸試驗；(2)CNS 1247 之附著量；(3)CNS 14771 之外觀；(4)CNS 14771 之附著性；(5)CNS 14771 之均勻性」。又因施工過程中，結構物中之鋼筋必須續接施工，因此在第 3.2.3 款規定：「每批熱浸鍍鋅鋼筋之續接器於進場時，依加工批次及鋼筋稱號區分，個數不滿 1,000 個時，隨機抽取 1 個，每超過 1,000 個時，應加抽取 1 個辦理檢驗，項目同第 3.2.2 款之 (2)、(3)、(4)、(5)」。

以某一橋柱基礎鍍鋅鋼筋抽樣試驗為例，承攬廠商於鋼筋進場後，除了依據品質管制計畫辦理自主檢查外，並填具材料試驗申請單向監造單位提出辦理材料試驗。接續依據規範取樣頻率及數量取樣，如圖 10 所示，然後送實驗室試驗，並將試驗結果予以紀錄及判定合格後方可使用。表 1 摘錄部分試驗結果及參考技術規範，監造及施工品管人員據以判讀。

##### 2. 現場鍍鋅鋼筋施工狀況

鋼筋訂購完成送至鍍鋅廠鍍鋅後，將運至工地現場或臨時預鑄場施工，由於結構項目多樣繁雜，在本文中僅摘錄部分代表性的施工照片，如圖 11~17 所示。此外，在施工過程中，鍍鋅鋼筋須依據上述技術規範查核及檢測合格後，才能進行混凝土澆置作業。

表 1 某橋柱鍍鋅鋼筋之部分試驗結果

試驗項目	試驗結果		規範要求
	試樣編號		
試樣編號	D19	D36	技術條款第 03214 章 3.2.2 之規定
材料種類	SD420W	SD420W	
降伏強度 (N/mm <sup>2</sup> )	495	478	SD280W/280~380 SD420W/420~540
抗拉強度 (N/mm <sup>2</sup> )	687	640	SD280W/ ≥420 SD420W/ ≥550
伸長率 %	20 13 以上	20 14 以上	
抗降比	1.39	1.34	≥1.25
鍍鋅附著量 (g/m <sup>2</sup> )	1,212	2,787	≥610 g/m <sup>2</sup>
鍍鋅均勻性 (4 次，每次 1 分鐘)	表面反應 未達終止點	表面反應 未達終止點	表面反應 不得達終止點



(a) 進料確認



(b) 鋼筋取樣

圖 10 鍍鋅鋼筋取樣試驗



(a) 橋柱基礎板鍍鋅鋼筋綁紮



(b) 鋼模組立後完成混凝土澆置

圖 11 橋柱之基礎板使用鍍鋅鋼筋綁紮及混凝土澆置



(a) 橋柱基礎版鍍鋅鋼筋綁紮



(b) 鋼模組立後完成混凝土澆置



(c) 橋柱鋼筋續接器鍍鋅

圖 12 橋柱使用鍍鋅鋼筋及續接器施工及澆置



(a) 底板及腹板鋼筋綁紮



(b) 頂板鋼筋綁紮



(c) 混凝土澆置

圖 13 RC 箱型梁使用鍍鋅鋼筋施工及澆置



圖 14 鋼筋間距查驗



圖 15 全套管基樁施工



圖 16 橋柱樁帽鍍鋅鋼筋綁紮



圖 17 鋼筋彎鉤長度查驗

## 五、結語

本工程為液化天然氣接收站棧橋，設施位於鄰海區域內，易受到鹽害環境影響，因此防蝕工作更顯重要。由於海中結構物之維護成本相對陸域構造物高，對於鋼筋混凝土或鋼構造物採取表面鍍鋅處理有助於降低後續維護成本，並且更延長構造物壽命，本工程在技術施工規範中已明定鋼筋鍍鋅為主要防蝕策略，惟在施工過程中仍需要仰賴施工及監造人員確實依據規範來執行及查核，這才能確保鋼筋或鋼構件經由鍍鋅防蝕策略，達到抑制鹽害延長結構物壽命的目標。

## 參考文獻

1. 觀塘工業區開發計畫建港及造地工程海上地質調查鑽探試驗分析工作，92年1月。
2. 公路橋梁設計規範，交通部，109年1月3日。
3. 第三座液化天然氣接收站棧橋新建工程服務建議書，東丕營造股份有限公司，105年。
4. 蔡明達、李祐承，「熱浸鍍鋅在土木建築之應用概況」，土木水利第四十三卷第四期，2016年。
5. 郭呈彰、張震宇、潘小珍、黃俊憲、盧建州、謝克岱，「金門大橋主



- 橋造型墩柱施工規劃挑戰」，土木水利，第四十八卷第三期，2021 年。
6. 呂良正、鄒思宇，「淡江大橋 120 年使用年限混凝土為關鍵技術」，營建知，第 483 期，2023 年 04 月。
  7. 梁智信、羅嘉麟、詹文宗，「淡江大橋及其連絡道工程(第 3 標)耐久性設計」，混凝土科技，第十四卷第 3 期，第 15-29 頁，2020 年。
  8. 李榮瑞、楊佳寧、江政恩，「淡江大橋與環境永續之融合」，技師期刊，第 100 期，2023 年 03 月。
  9. 羅俊雄、劉益雄、陳桂清、柯正龍，「臺灣大氣腐蝕環境分類與港灣構造物防蝕策略探討」，港灣報導，第 87 期，2010 年。
  10. 陳明谷，「金門大橋混凝土構造物防蝕策略及鍍鋅鋼筋使用之介紹」，熱浸鍍鋅雜誌，第 68 期，第 2-17 頁，2020 年 01 月。
  11. 何芳元，「彰工升壓站土建設施統包新建工程」，熱浸鍍鋅雜誌，第 81 期，第 21-32 頁，2023 年 04 月。
  12. 蕭勝彥，「公共工程建設橋梁構件耐久性之探討」，熱浸鍍鋅雜誌，第 78 期，第 11-26 頁，2022 年 07 月。
  13. CNS 14771，104 年 11 月 11 日修訂版。
  14. CNS 10007，104 年 11 月 11 日修訂版。
  15. CNS 560，107 年 04 月 12 日修訂版。

## 方型鋼管柱隔板開孔對梁柱接合強度研究

田中剛\*(神戶大學)、坂和知美(竹中工務店)、渡會竹志(橫濱鍍鋅株式會社)、  
犬伏昭(清水建設)、藤澤清二(JFE 鋼鐵株式會社)、上野悟(藤木鐵工株式會社)、  
村上慶弘(鍍鋅工業株式會社)、北野裕司(田中亞鉛鍍金株式會社)

編譯者：張家棟<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 臺鍍科技股份有限公司 經理

\* 通訊作者：tanaka@arch.kobe-u.ac.jp

### 摘要

方型鋼管隔板，因熱浸鍍鋅需要開排氣孔，開孔將影響梁柱接合局部剛度和局部強度，因此需要局部強度評估公式以便設計適當的開孔直徑與隔板厚度。本文以負載測試檢查接合處破裂模式。使用有限元素數值分析補充不足的測試參數。基於極限分析提出局部降伏強度與局部極限強度評估公式，進一步藉由近似法提出實用公式。

關鍵詞：熱浸鍍鋅構架、方型鋼管柱梁接合、局部強度、負載測試、極限分析

### 一、前言

熱浸鍍鋅方型鋼管梁柱結合需要在隔板開孔讓溶融鋅液流入以及排氣。目前，日本設計規範(AIJ,2018)建議在隔板的中心和角隅開孔，開孔總面積至少是截面積三分之一，以便讓鋅液快速流動。開孔影響梁柱接合局部剛度、局部強度。所以，需要利用局部強度評估公式以便設計適當的開孔直徑與隔板厚度。

填滿水泥之開孔方型鋼管早有人研究。水泥鋼管設計指引(guidelines)，提供接合處降伏強度與極限強度評估公式。然而，這些公式

不能應用在中空方型鋼管柱，因這些內部的水泥是固定在梁柱和橫隔板。

本文聚焦在熱浸鍍鋅開孔隔板對於結構用方型柱梁接合之強度。使用 T 型組件試體執行負載測試以調查接合處彈塑性與破裂模式。不足的測試參數使用有限元素數值分析補充。以極限分析和近似法提出評估公式。

## 二、測試

### (一) 試體

T 型組件試體與 H 梁的尺寸，如表 1 與圖 1 所示，T 型組件試體經由 SHS 柱、H 梁及隔板組成，共 6 組。柱為 □-350x350x16 (BCR295)；梁為 RH-500x200x10x16 (SN490B)；隔板，分別為 PL-16、25、32 (SN490C) 三種。圖 2 則為梁柱接合細節。實驗參數為隔板厚  $t_d$  ( $t_d=16$ 、25、32 mm) 和中心孔直徑  $d$  ( $d=150$ 、200、250 mm)。未開孔隔板一起測試比較，所有樣品均未熱浸鍍鋅。腹板開排氣孔而非扇型孔。依據日本鋼結構建築規範兩側銲接，翼板與隔板使用 YGW 18 銲條全滲透銲接。表 2 為其鋼材機械性質，是利用拉伸試驗與衝擊試驗測量獲得。拉伸試驗時，基材是依據 JIS Type 5 三個試片取得；銲接處是依據 A0 二個試片取得。衝擊試驗，是由具 V 型刻痕的翼板與隔板於溫度 0°C 下進行。

表 1 測試試體材質與規格

Specimen	Column (BCR295)	Beam (SN490B)	Diaphragm (SN490C)	
			$t_d$ [mm]	$d$ [mm]
GTN25	□ - 350×350×16	RH- 500×200×10×16	25	-
GTC25-S				150
GTC25-M				200
GTC25-L				250
GTC16-M			16	200
GTC32-M			32	200

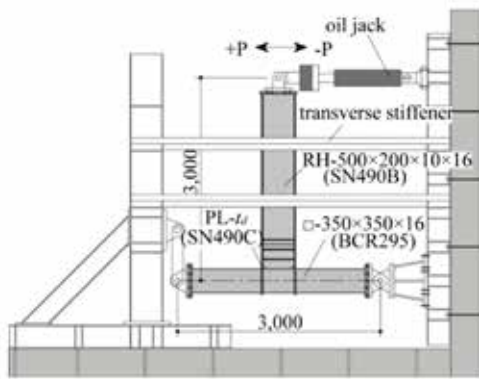


圖 1 試體與實驗設計

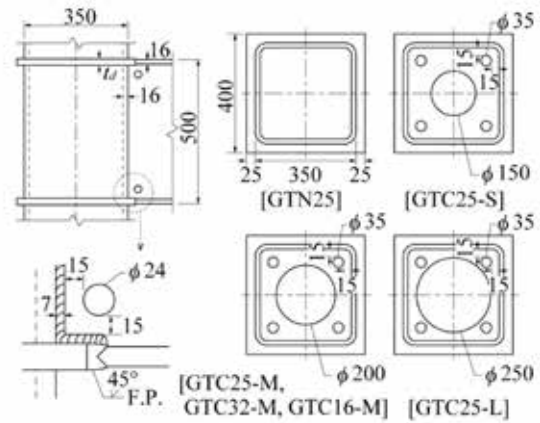


圖 2 梁柱接合細節

表 2 鋼材機械性質

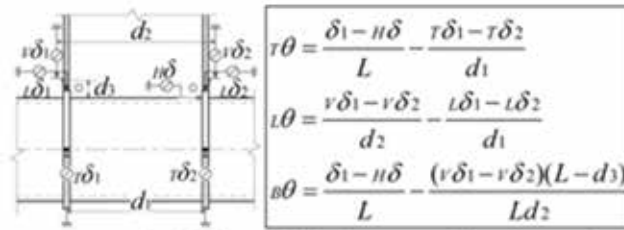
Part	$\sigma_y$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_u$ N/mm <sup>2</sup>	YR %	EL %	$v E_0$ J	
Beam flange	357	531	67.2	47.5	184	
Beam web	384	537	71.5	41.4	-	
Column	346	469	73.6	44.7	-	
Welded metal	539	630	85.5	23.8	-	
Diaphragm	$t_d=16\text{mm}$	373	536	69.5	44.9	61
	$t_d=25\text{mm}$	349	525	66.5	52.0	59
	$t_d=32\text{mm}$	362	512	70.8	56.1	109

$\sigma_y$ : Yield strength,  $\sigma_u$ : Tensile strength, YR: Yield ratio, EL: Elongation,  $v E_0$ : Absorbed energy at 0°C

## (二) 測試設置和儀器

本測試中實驗柱的一端為插銷支撐。另一端為滾柱插銷 (pin-roller)，藉油壓千斤頂逐漸增加循環負載於實驗梁，如圖 1 所示。角度錶架設在連接處，測量三個角度：局部轉動角度  $L\theta$ ，橫梁轉動角度  $B\theta$ 。總梁轉動角度  $T\theta$ 。如圖 3 所示，位於  $d_3$  (距離梁面 55 mm 且距離隔板 30

mm) 的兩個角度錶  $\nu\delta_1$ 、 $\nu\delta_2$  測得橫梁兩端旋轉角度。彈性旋轉角度  $\theta_p^C$  是根據計算梁  ${}_B M_p^C$  彈塑性力矩得到，可決定負荷振幅，振幅以  $\pm 2\theta_p^C$ 、 $\pm 4\theta_p^C$  個別做兩次，做到  $\pm 6\theta_p^C$ 。直到試體在  ${}_T \theta$  破裂。



$\delta_1$ : Horizontal displacement of loading point  
 $L$ : Distance from loading point to column face

圖 3 測量方法

### (三) 負荷變形關係與破裂模式

測試結果詳見表 3。 ${}_T K^e$ 、 ${}_L K^e$ 、 ${}_B K^e$  分別為全梁剛性、局部剛性、梁剛性。 ${}_B K^C$  為計算梁剛性。 ${}_T M_p^e$  塑性強度定義為在  ${}_B M-{}_T \theta$  曲線中，切線剛度成為起始彈性剛度 1/5 時的梁端力矩。 $M_{\max}^e$  為實驗最大力矩。P 與 N 代表負荷點的正值與負值。 $NF$  破裂發生的循環數。例如  $:6\theta_p^C (-5)$  代表  $6\theta_p^C$  的第 5 週期期間負向負荷的破裂試體。 $\eta$  為累積塑性變形 (cumulative plastic deformation)。

表 3 測試結果

Specimen	${}_T K^e$	${}_L K^e$	${}_B K^e$	${}_B K^C$	${}_T K^e / {}_B K^C$	${}_B K^e / {}_B K^C$
	[kNm/rad]	[kNm/rad]	[kNm/rad]	[kNm/rad]		
GTN25	83300	592000	95800	93600	0.89	1.02
GTC25-S	79900	417000	93300		0.85	1.00
GTC25-M	74100	297000	95400		0.79	1.02
GTC25-L	66300	216000	91300		0.71	0.98
GTC32-M	77400	400000	92300		0.83	0.99
GTC16-M	68700	226000	88800		0.73	0.95

	${}_T M_p^e$ [kNm]		$M_{\max}^e$ [kNm]		${}_B M_p^C$ [kNm]	${}_T M_p^e / {}_B M_p^C$		$M_{\max}^e / {}_B M_p^C$		NF	$\eta$	Failure mode
	P	N	P	N		P	N	P	N			
	791	810	1120	1120	781	1.01	1.04	1.43	1.43	$6\theta_p^C (-5)$	100	F
	843	821	1120	1120		1.08	1.05	1.43	1.43	$6\theta_p^C (-4)$	81.3	F
	819	779	1060	1070		1.05	1.00	1.36	1.36	$6\theta_p^C (-3)$	64.0	F
	799	754	961	937		1.02	0.97	1.23	1.20	$6\theta_p^C (-1)$	28.3	D→F
	844	805	1080	1090		1.08	1.03	1.38	1.39	$6\theta_p^C (-3)$	64.3	F
	760	750	857	796		0.97	0.96	1.09	1.02	$4\theta_p^C (-1)$	11.3	D

在破裂模式中，F 表示試體從梁翼板側之銲趾破裂，如圖 5(a)，D 表示為試體從隔板側之內角破裂，如圖 5(b)。



圖 5 破裂模式 (a) 梁翼板 :GTC25-S，(b) 隔板 GTC16-M

圖 4 (置於文末) 為梁端力矩  $_bM$  對全部試體的總梁旋轉角  $_T\theta$ 、局部旋轉角  $_L\theta$ 、梁旋轉角  $_B\theta$  曲線。圖 4 中，虛線代表梁的計算彈性剛度與塑性力矩。符號 x 指的是破裂點。當開孔直徑增加或隔板厚度減少，局部變形對總梁變形的比例增加而梁變形比例減少。開孔直徑最大的 GTC25-L 的總梁剛度  $_TK^e$  比起未開孔的 GTN25 小 20%。隔板厚度最小的 GTC16-M 的  $_TK^e$  比起 GTN25 小 18%。另一方面，其他三個試體剛度減少 4%~11%，故可以推估開孔對剛度的影響很小。實驗彈性力矩  $_TM_p^e$  對梁計算彈性力矩  $_BM_p^c$  的比例分布在 0.96~1.08。實驗最大力矩  $M_{max}^e$  對  $_BM_p^c$  的比例分布在 1.02~1.43，可以推估開孔直徑與隔板厚度在最大力矩比起塑性力矩有較大影響。各試體實驗過程如下：

#### (1) GTN-25

延性破裂於負荷循環  $6\theta_p^c(-1)$  發生在翼板側梁端銲趾。局部屈曲與側向扭轉屈曲在  $6\theta_p^c(+3)$  負荷循環可以觀察到裂紋沿梁翼板蔓延，施加荷載減少乃是因為翼板在  $6\theta_p^c(-5)$  負載循環破裂。

#### (2) GTC25-S

延性破裂於負荷週期  $4\theta_p^c(-2)$  發生在翼板側梁端銲趾。局部屈曲在  $6\theta_p^c(\pm 2)$  負荷週期可以觀察到。裂紋沿梁翼板蔓延，施加荷載減少乃是因為

翼板在  $6\theta_p^c$  (-4) 負載週期發生破裂。

### (3) GTC25-M

延性破裂於負荷週期  $4\theta_p^c$  (-2) 發生在翼板側梁端銲趾，隔板內側角落也觀測到裂紋，橫梁的局部屈曲與側向扭轉屈曲在  $6\theta_p^c$  (+3) 負荷週期可以觀察到裂紋沿梁翼板蔓延，施加荷載減少乃是因為翼板在  $6\theta_p^c$  (-3) 負載週期破裂。

### (4) GTC25-L

延性破裂於負荷週期  $4\theta_p^c$  (-1) 發生在翼板側梁端銲趾。於負荷週期  $6\theta_p^c$  (+1) 期間，裂紋發生在隔板角落伴隨破裂聲且施加荷載減少。繼續施加負載，裂紋抵達柱與隔板銲道，觀察到脆性破裂表面發生在  $6\theta_p^c$  (+1) 負荷週期的高點裂紋沿梁翼板蔓延穿透翼板中心。施加荷載減少  $6\theta_p^c$  (-1)。

### (5) GTC32-M

延性破裂於負荷週期  $4\theta_p^c$  (-2) 發生在翼板側梁端銲趾，橫梁的局部屈曲與側向扭轉屈曲在  $6\theta_p^c$  (+3) 負荷週期可以觀察到，裂紋沿梁翼板蔓延，施加荷載減少乃是因為翼板在  $6\theta_p^c$  (-3) 負載週期破裂。

### (6) GTC16-M

破裂於負荷週期  $4\theta_p^c$  (-1) 時發生在隔板銲趾。大約 0mm 變形。變形點大約  $3\theta_p^c$  測試終止。原因是隔板長出裂紋伴隨破裂聲音且施加負荷減少。如圖 5(b) 裂紋抵達柱與隔板銲道可觀察到表面脆性破裂。樣品 GTC25-L、GTC16-L 的隔板發生脆性破裂，推論乃是隔板吸收能量  $\sqrt{E_0}$  太小大約 60 焦耳。

## (四) 局部強度 (Local strength)

圖 6 與圖 7 為從每個參數去比較  ${}_bM-T\theta$  與  ${}_bM-L\theta$  曲線。圖 6 中，符號  $\circ$ 、 $\triangle$  分別表示  ${}_T M_y^e$  實驗降伏強度與  ${}_T M_p^e$  塑性強度。 ${}_T M_y^e$  與  ${}_T M_p^e$  定義

為切線剛度成為起始剛度 1/3~1/5 的負荷。圖 7 中，符號○、△、□分別為局部降伏強度 (local yield strength) ${}_L M_y^e$ 、局部塑性強度 (local plastic strength) ${}_L M_p^e$ 、局部極限強度 (local ultimate strength) ${}_L M_u^e$ 。 ${}_L M_y^e$ 、 ${}_L M_p^e$  定義為切線剛度成為 1/3~1/6 起始彈性剛度的負荷。為避免大地震時過剩殘餘變形發生在連接處。局部極限強度  ${}_L M_u^e$  的定義不同於實驗最大強度也就是  ${}_L M_u^e$  定義為：局部變形時殘餘旋轉角度維持 1/75 的負荷。GTC32-M 的  ${}_L M_u^e$  沒有得到因為局部變形未發生。 ${}_L M_u^e$  被視為  $M_{max}^e$ 。

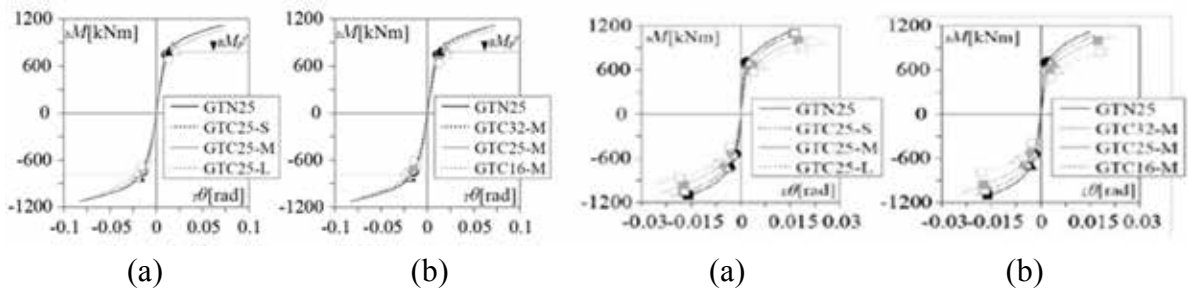


圖 6 (左)  ${}_b M - \tau \theta$  反應比較圖 (a) 直徑  $d$  和 (b) 厚度  $t_d$   
 圖 7 (右)  ${}_b M - {}_L \theta$  反應比較圖 (a) 直徑  $d$  和 (b) 厚度  $t_d$

圖 8(a)(b) 水平軸是開孔直徑  $d$  與隔板厚度  $t_d$  分別除以隔板寬度  $D(D=400\text{mm})$  的值， $d$  與  $t_d$  影響局部強度如下：

(1) 隔板  $d$  中央開孔直徑

GTC25-S(開孔最小直徑)局部強度大約等於未開孔的 GTN25， ${}_b M - \tau \theta$  顯示類似行為。當開孔直徑增加，區域強度減少。

(2) 隔板厚度  $t_d$

隔板厚度增加則區域強度增加。GTN32-M(最大板厚度)的  ${}_b M - \tau \theta$  大約重疊 GTN-25(無孔)。



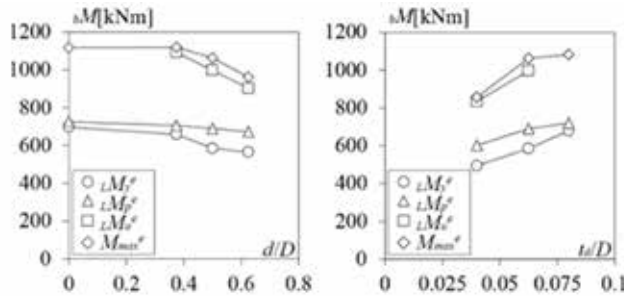


圖 8 局部強度對於各個參數的比較

## (五) 塑性變形能力 (Plastic deformation capacity)

圖 9 呈現累積塑性變形 (cumulative plastic deformation) 的定義與所有樣品比較。累積塑性變形減少伴隨着中心開孔直徑增加或者是隔板厚度減少。特別是破裂樣品來自於隔板側的累積塑性變形顯著減少。樣品 GTC25-L 不良累積塑性變形的理由：即使破裂來自於翼板那一側，視為局部變形增加了在銲趾的集中應變。為了有足夠的塑性變形能力，有必要適度設計局部強度與抑制局部變形。

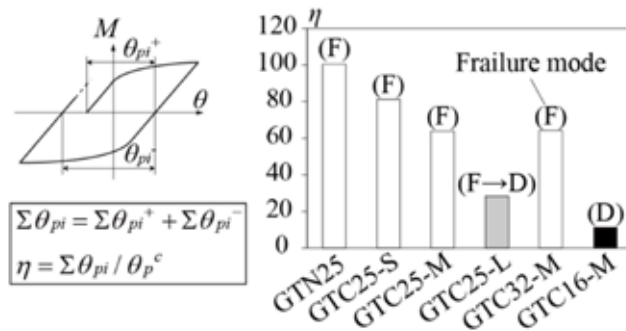


圖 9 累積塑性變形

## 三、極限分析 (Limit analysis)

### (一) 崩壞機制 (Collapse mechanism)

本節的局部強度估計使用極限分析上限理論。

#### (1) 隔板崩壞機制

隔板假設為長方形。寬  $D_B$ 、高  $D_H$ 、厚  $t_d$ 、梁翼板寬度  $B_f$ 。中心開孔半徑  $R$ ，角落開孔半徑  $r$ ，角落開孔邊緣與柱內面距離  $l$ 。 $t_c$  為柱的厚度，如圖 10 所示。本節建議在梁翼板軸向力  $N$  作用下出現兩種崩壞機制，如圖 11 所示。

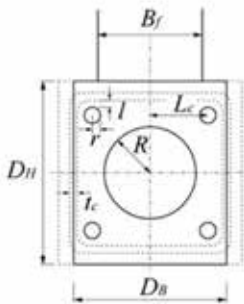


圖 10 符號定義

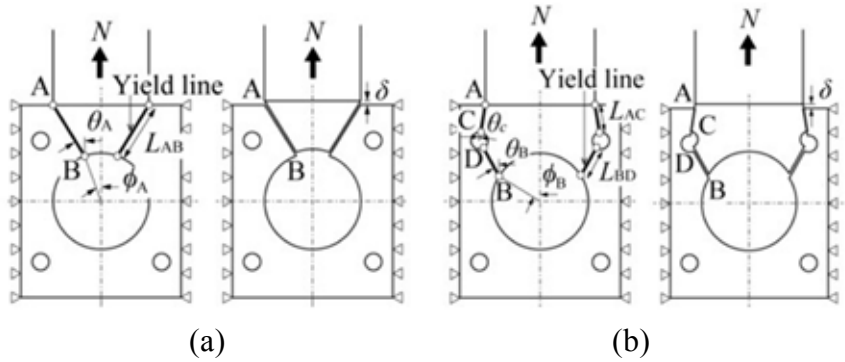


圖 11 梁翼板崩壞機制：(a) 機制 A，和 (b) 機制 B

a. 機制 A

機制 A 含有降伏線 AB。從 A 點 (梁翼板內部角落與隔板) 到 B 點 (中心孔邊緣)。 $\theta_A$  為降伏線 AB 角度。 $\delta$  為虛擬位移。假設隔板為平面應力且應用 Tresca 準則 (最大切應力失效準則)，機制 A 的內功  ${}_dW_A$  以方程式 (1) 表示

$${}_dW_A = {}_dN_y \cdot L_{AB} \cdot (1 + \sin \theta_A) \cdot \delta \quad (1)$$

${}_dN_y$  為單位長度之軸向降伏強度如式 (2) 所示

$${}_dN_y = {}_d\sigma_y \cdot t_d \quad (2)$$

${}_d\sigma_y$  為隔板降伏強度， $L_{AB}$  為降伏線長度如圖 11(a) 與式 (3)

$$L_{AB} = \frac{B_f/2 - R \sin \phi_A}{\sin \theta_A} \quad (3)$$

$\theta_A$  為連接 B 點與開孔中心線段之角度，如圖 11(a) 所示， ${}_dW_A$  如方程式 (4) 所示，是由式 (3) 代入式 (1) 所得

$${}_dW_A = {}_dN_y \cdot \left( \frac{B_f}{2} - R \cdot \sin \phi_A \right) \cdot \left( 1 + \frac{1}{\sin \theta_A} \right) \cdot \delta \quad (4)$$

$\tan\theta_A$  以  $\theta_A$  示於式 (5)，內功  $dW_A$  可藉指定  $B$  點之決定變數  $\theta_A$  求出。

$$\tan\theta_A = \frac{B_f/2 - R \cdot \sin\theta_A}{D_H/2 - R \cdot \cos\theta_A} \quad (5)$$

## b. 機制 B

在較寬翼板橫梁之角隅開孔影響局部強度，圖 11(b) 顯示機制 B 擁有的 AC 降伏線與 BD 降伏線，AC 線是內部角 A 點到角隅開孔中心的最短距離，BD 線是中心開孔邊緣 B 點到角落開孔中心的距離， $\theta_c$  為降伏線 AC 的角度， $\theta_B$  是降伏線 BD 的角度， $\delta$  為梁翼板虛擬位移，依 tresca 準則本機制內功  $dW_B$  呈現於式 (6)

$$dW_B = dN_y \cdot \{(1 + \sin\theta_c) \cdot L_{AC} + (1 + \sin\theta_B) \cdot L_{BD}\} \cdot \delta \quad (6)$$

$L_{AC}$  為降伏線 AC 長度如圖 11(b)， $L_{AC}$  與  $\tan\theta_c$  如式 (7)、式 (8) 所示

$$L_{AC} = \sqrt{\left(\frac{D_H}{2} - L_c\right)^2 + \left(\frac{B_f}{2} - L_c\right)^2} - r \quad (7)$$

$$\tan\theta_c = \frac{|B_f/2 - L_c|}{D_H/2 - L_c} \quad (8)$$

$L_c$  為角隅開孔中心到隔板幾何軸線長度，如圖 (10) 與式 (9)

$$L_c = \frac{D_B}{2} - \left(\frac{t_c}{2} + l + r\right) \quad (9)$$

$L_{BD}$  為降伏線 BD 之長度，如式 (10)

$$L_{BD} = \frac{L_c - (R \cdot \sin\theta_B + r \cdot \sin\theta_B)}{\sin\theta_B} \quad (10)$$

$\theta_B$  為此線從  $B$  點到中心開孔圓心的角度，如圖 11(b)， $\tan\theta_B$  以  $\theta_B$  表示，如式 (11)

$$\tan\theta_B = \frac{L_c - R \cdot \sin\theta_B}{L_c - R \cdot \cos\theta_B} \quad (11)$$

內功  $dW_B$  由決定變數  $\theta_B$  表示 B 點可算出。崩壞負荷  $L N_{yA}$  與  $L N_{yB}$  從機制 A 與機制 B 分別得到，如式 (12)、式 (13)

$$L N_{yA} = dN_y \cdot \left( \frac{B_f}{2} - R \cdot \sin \phi_A \right) \cdot \left( 1 + \frac{1}{\sin \theta_A} \right) \quad (12)$$

$$L N_{yB} = dN_y \cdot \left[ \left\{ \sqrt{\left( \frac{D_H}{2} - L_c \right)^2 + \left( \frac{B_f}{2} - L_c \right)^2} - r \right\} \cdot (1 + \sin \theta_c) \right. \\ \left. + \{ L_c - (R \cdot \sin \phi_B + r \cdot \sin \theta_B) \} \cdot \left( 1 + \frac{1}{\sin \theta_B} \right) \right] \quad (13)$$

個別崩壞機制無法得出封閉解。因此崩壞負荷最小值由變數  $\theta_A$ 、 $\theta_B$  經數值計算決定。

## (2) 柱翼板崩壞機制

隔板變形增加時，梁柱接合靠柱翼板平面外變形抵抗梁翼板軸力  $N$ 。圖 12 顯示柱翼板崩壞機制，此機制假設錐部降伏區是由高度  $KX$  與降伏線所形成。在隔板降伏線交點 E 與柱翼板處，隔板虛擬位移  $\delta$  與柱翼板假設為相等，依 tresca 準則，此機制內功  $W_C$  如式 (14)

$$W_C = 4_c M_p \cdot \left\{ \pi + \frac{\pi}{4} (\log_e \kappa)^2 + \frac{D_B}{\kappa x} - \frac{2}{\kappa} \right\} \cdot \delta \quad (14)$$

$x$  是指示點 E 的長度， $\kappa$  是定義降伏區高度的變數， $c M_p$  是柱翼板單位長度塑性力矩，如式 (15)

$$c M_p = \frac{1}{4} c \sigma_y \cdot t_c^2 \quad (15)$$

$c \sigma_y$  是柱翼板降伏強度， $t_c$  是柱厚度

## (二) 局部強度評估

局部降伏強度  $L N_y$  與局部極限強度  $L N_u$  對設計柱梁接合有其必要，在本接合形式，隔板因其剛性高，首先開始降伏，其次柱翼板對於局部變形增加開始抵抗，因此局部降伏強度  $L N_y$  只考慮隔板內功來評估，如式 (16)

$$L N_y = \min(L N_{yA}, L N_{yB}) \quad (16)$$

局部極限強度  $L N_u$  加入柱內功，對於隔板內功如式 (17)

$$L N_u = L N_y + 4c M_p \cdot \left\{ \pi + \frac{4}{\pi} (\log_e \kappa)^2 + \frac{D_B}{\kappa x} - \frac{2}{\kappa} \right\} \quad (17)$$

在式 (17) 計算中  $x$  是由  $\theta_A$  或  $\theta_B$  決定， $\theta_A$ 、 $\theta_B$  由式 (12)、式 (13) 得來，最小  $L N_u$  以變數  $\kappa$  計算， $L N_y$  與  $L N_u$  從  $L N_y$  與  $L N_u$  轉換成梁端力矩，採用梁翼板  $d_b$  之中心到中心距離如式 (18)

$$L M_y = L N_y \cdot d_b, \quad L M_u = L N_u \cdot d_b \quad (18)$$

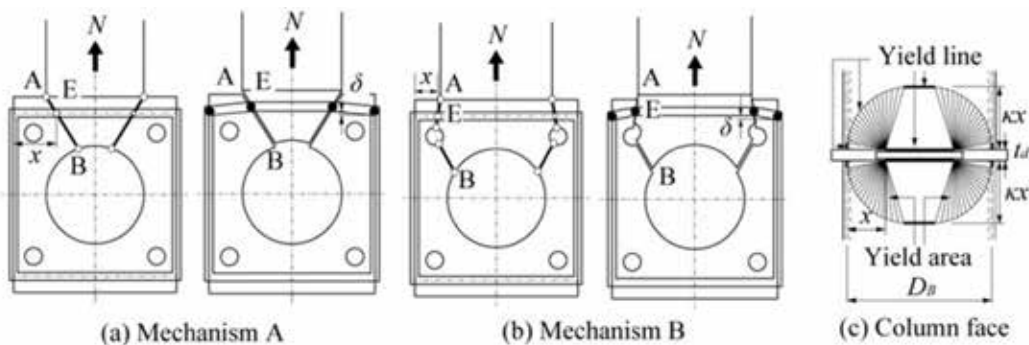


圖 12 柱翼板崩壞機制

## (三) 有限元素分析

為了證明極限分析結果並補充測試參數不足。執行有限元素分析 (FEA)，使用軟體 ABAQUS2019。為了與極限分析比較，梁假設為彈性。柱與隔板為完全彈性塑性模式，圖 13 為 FEA 模型依循 T 型組件試體且本身為半模型。考慮對稱性使用 3D 固體元素。柱末端以插銷和插銷滾

筒支撐，強制位移單向施加於柱末端。

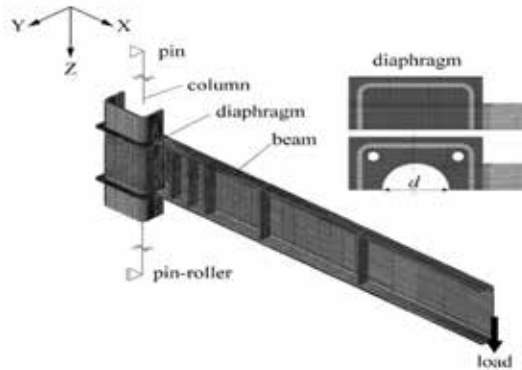


圖 13 FEA 模型

本分析中，隔板中央開孔直徑  $d$ ，隔板厚度  $t_d$ ，梁翼板寬度  $B_f$ ，柱厚度  $t_c$ ，變動如下：

$d=0、150、200、300$  mm ( $t_d=25$  mm、 $B_f=200$  mm、 $t_c=16$  mm)

$t_d=16、25、32$  mm ( $d=200$ mm、 $B_f=200$ mm、 $t_c=16$ mm)

$B_f=125、200、250$  mm ( $d=200$ mm、 $t_d=25$ mm、 $t_c=16$ mm)

$t_c=9、16、22$  mm ( $d=200$ mm、 $t_d=25$ 、 $B_f=200$ mm)

除此之外，分析了當  $t_d=16$ mm 時隔板降伏強度減少到 80% 的個案。圖 14 呈現梁端力矩  ${}_bM$  對局部旋轉角度  ${}_L\theta$  的反應，反映各個參數在 FEA 分析的結果。FEA 所得到的局部強度與極限分析結果比較，見圖 15。

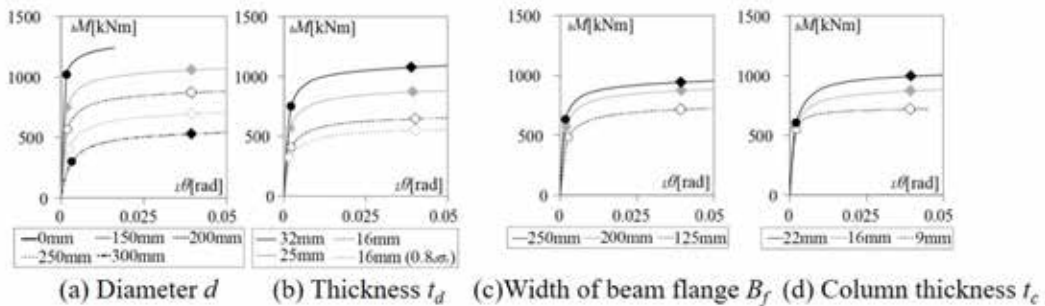


圖 14  ${}_bM-{}_L\theta$  響應比較

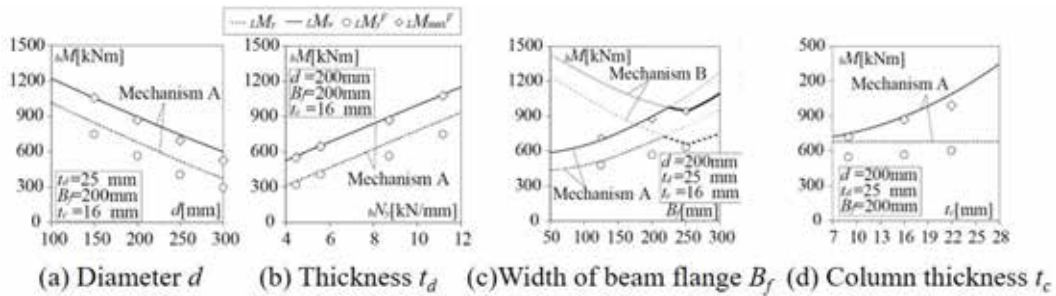


圖 15 FEA 與極限分析比較

符號 $\circ$ 指局部降伏強度  $L M_y^F$ ，符號 $\diamond$ 指 FEA 中局部最大強度  $L M_{max}^F$ ，虛線  $L M_y$ 、實線  $L M_u$  為極限分析結果。圖 15 (a)(b) 分別表示  $d$  與  $d N_y (=d \sigma_y \cdot t_d)$  對局部強度影響。本案例中， $L M_y$  由崩壞機制 A 決定極限分析結果完美吻合 FEA 結果。局部強度因開孔直徑  $d$  增加而減少，隨  $d N_y$  增加而增加。圖 15(c) 呈現當  $B_f$  增加而  $B_f \cdot L M_y$  隨機制 A 單獨增加。另一方面。機制 B 的  $L M_y$  隨  $B_f$  增加到  $B_f = 250\text{mm}$  而減少，當  $B_f > 250\text{mm}$  繼續增加。因為  $L M_y$  可以從兩個最小值得到。分別在機制 A  $B_f < 218\text{mm}$ ，機制 B  $B_f \geq 218\text{mm}$ 。換言之，當翼板寬度開始重疊角落開孔則角落開孔影響局部強度。極限分析結果顯示，變動  $B_f$  時與局部強度完美吻合。圖 15(d) 顯示  $t_c$  影響。因為  $t_d$  固定， $L M_y$  也是固定。 $L M_u$  隨  $t_c$  增加而增加。另一方面， $L M_y^F$  輕微增加。 $L M_u^F$  完美吻合  $L M_u$  在  $t_c$  增加時 FEA 分析結果。因此，用隔板崩塌機制評估  $L M_y$  以及增加柱翼板  $L M_y$  的崩壞負荷來評估  $L M_u$  是合理的。 $L M_y^F / L M_y$  比例分布 0.87~0.95，平均值 0.86。降伏強度標準差 0.054。 $L M_{max}^F / L M_u$  比例分布 0.88~1.03，平均值 0.97。極限強度標準差 0.036。極限分析結果完美吻合 FEA 結果。局部降伏強度與局部極限強度可用式 (18) 估計。

#### 四、強度評估與接合設計

##### (一) 測試結果與評估方程式比較

圖 16 為局部極限強度  $L M_y^e$  與局部極限強度  $L M_u^e$  (來自試體測試結果) 和

$L M_y$  與  $L M_u$  (來自各個參數極限分析) 比較。其中, 符號 ● 代表  $L M_y^e$  ■ 代表  $L M_u^e$ 。在極限分析中, 黑色虛線與實線代表  $L M_y$  與  $L M_u$ ; 灰色虛線代表梁計算降伏力矩 (yield moment)  $B M_y^c$ 、實線代表梁末端最大強度接合  $J M_u$ 。局部變形測量, 如圖 3 所示。本測量所得到局部變形包括鋸道軸向變形與梁翼板位於從隔板末端 30mm 算起範圍內。故在足夠局部強度案例中, 梁翼板降伏佔局部降伏強度較多。因此, GTC25-S (最小直徑  $d=150\text{mm}$ ) 及 GTC32-M (最大隔板厚度,  $d N_y=11.8\text{kN/mm}$ ) 的  $L M_y^e$  大約等於  $B M_y^c$ 。另外, 從兩個試體的  $L M_u^c$  比  $J M_u$  大的觀點且破裂模式也是 F, 可得下列結論: 上述參數呈現梁的最大強度。

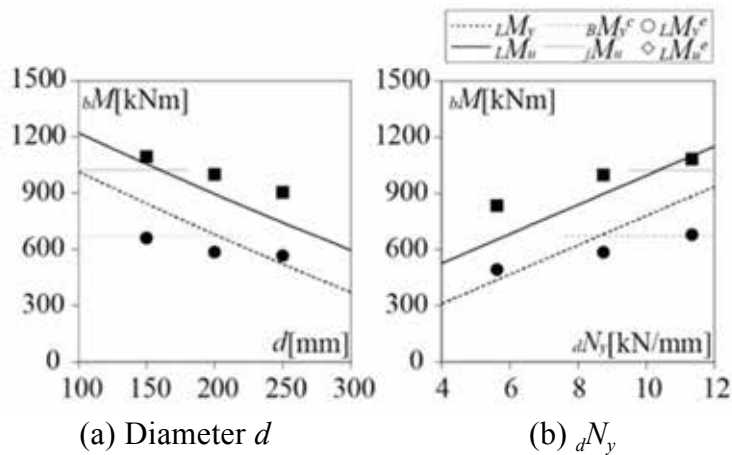


圖 16 測試與極限分析比較

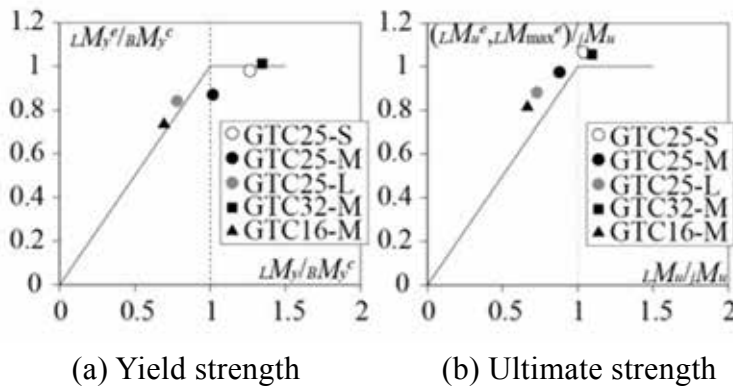


圖 17 測試與評估公式比較



圖 17 顯示實驗與評估強度比較，其中圖 17(a) 是局部降伏強度比較，圖 17(b) 是局部極限強度比較。圖 17(a) 的縱軸與橫軸分別為  $L M_y^e / B M_y^C$  和  $L M_y / B M_y^C$  比；圖 17(b) 的縱軸與橫軸為  $L M_u^e / j M_u$  與  $L M_u / j M_u$  比。圖 17 (a) 中兩個試體滿足  $L M_y < B M_y^C$ 。實驗的局部降伏強度與計算的局部降伏強度完美吻合；三個試體滿足  $L M_y > B M_y^C$ ， $L M_u^e$  幾乎等於  $B M_y^C$ 。因此，實驗的局部強度可用  $L M_y$  估計。在圖 17(b) 因為三個試體滿足  $L M_u < j M_u$ ，最大強度由局部強度  $L M_u$  決定；兩個試體滿足  $L M_u > j M_u$ ，最大強度由梁端結合最大強度  $j M_u$  決定。實驗與計算的趨勢顯示完美吻合。 $L M_u$  評估安全強度如圖 17(b)。

## (二) 梁柱接合設計

日本鋼結構結合設計條款建議梁足夠塑性變形能力。相對設計公式引述於式 (19)

$$j M_u \geq \alpha \cdot b M_p \quad (19)$$

$\alpha$  是結合係數 (joint coefficient)、 $b M_p$  是梁塑性力矩 (plastic moment)，本測試中， $j M_u = 1,020$  kNm， $b M_p = 781$  kNm， $\alpha$  計算為 1.31。圖 18 為累積塑性變形 (cumulative plastic deformation)  $\eta$  與  $L M_u / j M_u$  關係，實線代表三個試體的  $\eta$  線性估計且  $L M_u / j M_u < 1.0$ ，兩個試體  $\eta$  的平均值且  $L M_u / j M_u > 1.0$ 。當  $L M_u$  增加， $\eta$  呈線性增加。當  $L M_u / j M_u$  接近 1.0， $\eta$  達到最大值。呈現出梁的塑性變形能力。

$$L M_u \geq j M_u \quad (20)$$

本測試中，GTC25-S 與 GTC32-M 兩個試體滿足式 (20)，且擁有足夠塑性變形能力， $\eta$  分別為 81.3、64.3。另一方面，GTC25-L 與 GTC16-M 兩個試體的  $L M_u / j M_u < 0.75$  呈現不佳的塑性變形能力， $\eta$  分別為 28.3、11.3。

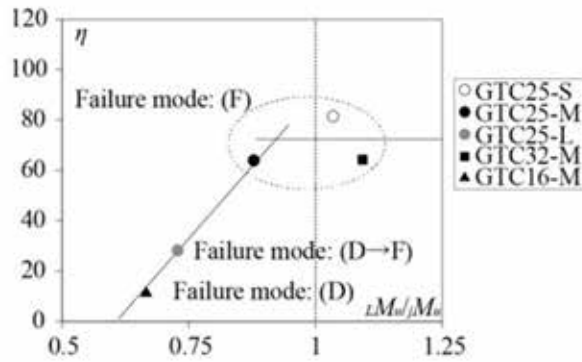


圖 18  $\eta$ - $L_{M_u f}$ - $M_u$  的關係

### 五、實際強度公式 (Practical strength formulae)

前述計算步驟太複雜難以實際應用。藉由變數估計進一步發展實際強度公式。在機制 A。降伏線角度  $\theta_A$  估計為  $\theta_A^a$  於式 (21)

$$\theta_A^a = \beta \cdot \left(1 - \frac{3}{4} \cdot \frac{R}{B_f}\right) \quad (21)$$

如圖 19(a)， $\beta$  為 A 點與中心開孔中心連接線段的角度。 $\tan \beta$  表為式 (22)

$$\tan \beta = \frac{B_f}{D_H} \quad (22)$$

降伏線  $L_{AB}$  長度，依圖 19(a) 與  $\theta_A^a$ 、 $\beta$  代入式 (22) 可近似為  $L_{AB}^a$ ，見式 (23)

$$L_{AB}^a = \left(\frac{D_H}{2} \cdot \frac{1}{\cos \beta} - R\right) \cdot \frac{1}{\cos(\theta_A^a - \beta)} \quad (23)$$

在機制 A 中崩壞負荷近似為  $L N_{yA}^a$  如式 (24)

$$L N_{yA}^a = d N_y \cdot L_{AB}^a \cdot (1 + \sin \theta_A^a) \quad (24)$$

在機制 B 中，降伏線角度  $\theta_B$  近似為  $\theta_B^a$  如式 (25)

$$\theta_B^a = \frac{3}{4} \cdot \left(1 - \frac{1}{3} \cdot \frac{R}{L_c}\right) \quad (25)$$

降伏線  $L_{BD}$  長度近似為  $L_{BD}^a$  如圖 19(b)，以  $\theta_B^a$  代入式 (26) 得到  $L_{BD}^a$

$$L_{BD}^a = (\sqrt{2}L_c - R) \cdot \frac{1}{\cos(\pi/4 - \theta_B^a)} - r \quad (26)$$

機制 B 崩壞負荷可近似為  $L N_{yB}^a$ ，如式 (27)

$$L N_{yB}^a = d N_y \cdot \left\{ (1 + \sin \theta_c) \cdot L_{AC} + (1 + \sin \theta_B^a) \cdot L_{BD}^a \right\} \quad (27)$$

近似負荷降伏強度  $L N_y^a$  由式 (28) 決定

$$L N_y^a = \min(L N_{yA}^a, L N_{yB}^a) \quad (28)$$

在柱翼板機制中變數  $K$  近似為  $K^a$  如式 (29)

$$K^a = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cdot \sqrt{1 + \frac{\pi}{2} \cdot \left( \frac{D_B}{x} - 2 \right)} \quad (29)$$

局部極限強度可近似為  $L N_u^a$ ，如式 (30)

$$L N_u^a = L N_y^a + 4c M_p \cdot \left\{ \pi + \frac{4}{\pi} \left( \log_e K^a \right)^2 + \frac{D_B}{K^a x} - \frac{2}{K^a} \right\} \quad (30)$$

$x$  : E 點表示分別如式 (31) (機制 A) 與式 (32) (機制 B)

$$x_A = \frac{D_B - B_f}{2} + \frac{D_H - D_B}{2} \tan \theta_A^a \quad (31)$$

$$x_B = \frac{D_B - B_f}{2} - \frac{D_H - D_B}{2} \tan \theta_c \quad (32)$$

圖 20 為各參數近似值與實際值比較，實線指近似局部強度  $L M_y^a$  與  $L M_u^a$ ，虛線指極限分析下實際局部強度  $L M_y$  與  $L M_u$ 。符號  $\circ$   $L M_y^F$  與符號  $\diamond$   $L M_{max}^F$  為 FEA 下結果。比例  $L M_y^a / L M_y$  分布從 0.93~1.02，平均值 0.98。標準差 0.032。比例  $L M_u^a / L M_u$  分布從 0.95~1.10，平均值 1.01，標準差 0.054。此外，比例  $L M_y^a / L M_y^F$  分布 1.03~1.20。比例  $L M_u^a / L M_{max}^F$  分布 0.95~1.08，近似值完美吻合實際值。

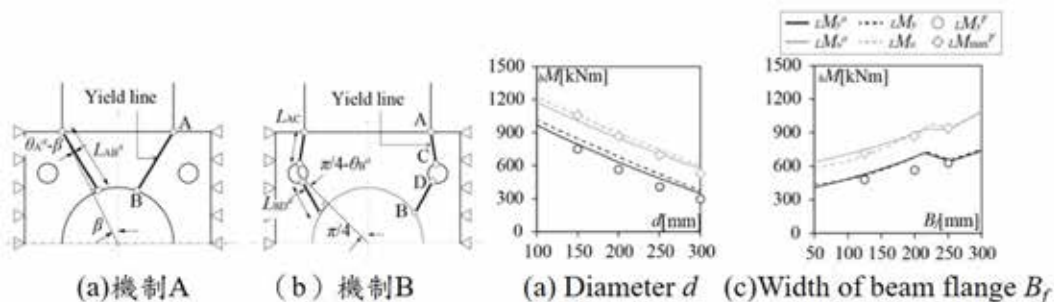


圖 19 降伏線近似

圖 20 近似強度比較

## 六、結論

為研究熱浸鍍鋅隔板開孔對梁柱接合局部變形與塑性變形能力的影響而執行試驗。依據極限分析對於局部強度提出評估公式，結論如下：

1. 隔板中央開孔直徑增加，局部剛性局部強度減少。
2. 隔板厚度增加，局部剛性、局部強度增加。
3. 試體局部強度小而且從隔板側破裂具有顯示較差塑性變形能力。
4. 局部降伏強度可以用崩壞機制的崩壞負荷估計。崩壞機制假設降伏線在隔板上。
5. 局部極限強度可以藉由以下方式估計：崩壞負荷結合崩壞機制並且考慮到柱翼板超出平面的變形與隔板崩壞機制。
6. 開孔直徑與隔板厚度，可經由設計讓局部極限強度  $L M_u$  超過梁端結合處最大強度  $J M_u$ ，避免來自隔板側的破裂且呈現足夠的塑性變形能力。
7. 實務上，使用近似公式估計局部強度。

## 致謝

本研究受日本礦業推動基金會支持，感謝前研究生北野真帆實驗與撰寫本文。

本文原出處於「第 12 屆 APGGC; 2023 年 4 月 24 日~25 日」，經日本鍍鋅協會同意翻譯刊登。

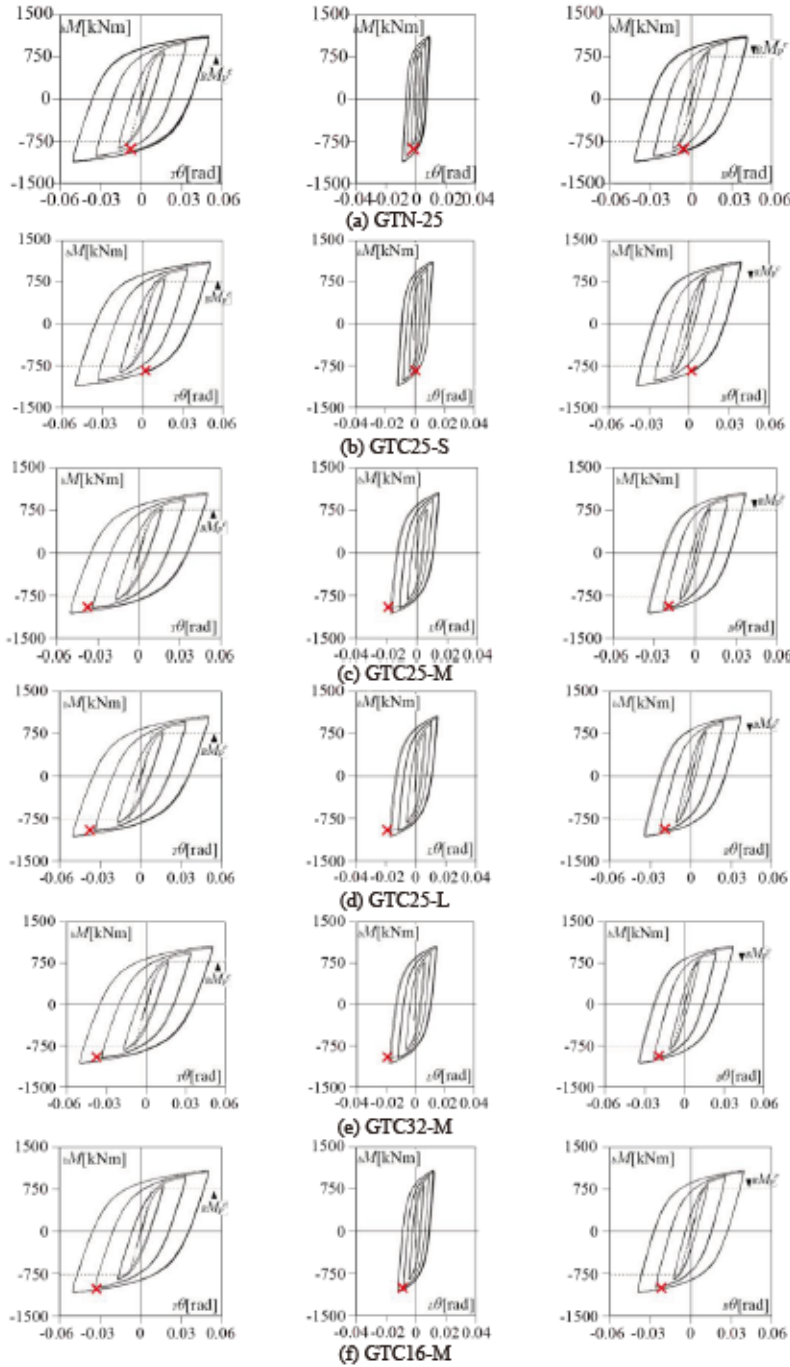


圖 4 負荷變形關係

## 鳳山溪水月意象景觀橋工程

李祐承<sup>1</sup>、李開志<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 臺鍍科技股份有限公司 營業課長

<sup>2</sup> 臺鍍科技股份有限公司 副總經理



起造單位：新竹縣竹北市公所  
設計單位：邑菖工程顧問有限公司  
監造單位：邑菖工程顧問有限公司  
施工單位：泰欣營造(股)公司  
鋼構製造：竹榮鋼鐵工業(股)公司  
鍍鋅單位：臺鍍科技(股)公司  
鍍鋅總重：約 1,043 噸  
總工程經費：189,408,000 元

## 一、前言

新竹縣竹北市水月休閒農業區，擁有豐富農漁生產與生態資源，促使形成觀光休閒產業，吸引大量民眾單車漫遊水月休閒農業區欣賞農村風光和濱海景觀。但從新竹市舊港大橋下騎自行車到竹北市，需騎到車輛眾多的西濱公路，相當危險！因此，竹北市公所投入近3億元新建鳳山溪和牛埔溪水月意象景觀橋等相關工程，讓鐵馬族到竹北濱海遊憩更安全，不用再冒險騎上西濱，可安心悠遊觀光、欣賞濱海美景。

## 二、工程概要

鳳山溪水月意象景觀橋全長 523 公尺，橫跨鳳山溪 451 公尺，為串聯新豐綠色隧道及新竹南寮 17 公里自行車道重要節點，可順利銜接新月沙灘至新竹市南寮漁港，是日後帶動北部濱海遊憩區的重要建設。其設計理念融合在地環境元素，橋體的造型有如海風吹拂自然形成的新月沙丘，金黃色的橋體與陽光相互輝映，象徵本地特產黃金烏魚子的豐收景象。

鳳山溪水月意象景觀橋之橋梁主體結構為鋼結構橋，為配合環境保護、避免破壞生態發展及考慮結構安全性，鋼構部分皆在鋼構廠銲接、油漆塗裝完成後，再運送至工地組裝，除可降低碳排放，也可減少對於環境生態的擾動與污染。



圖 1 地理位置圖 (圖片來源新竹縣政府工務處)



圖 2 水月橋立面圖 (圖片來源邑葛工程顧問有限公司)

### 三、防蝕設計

工程因位於海邊腐蝕嚴重環境且濕度高，故對防蝕工程不容輕忽。水月橋主結構箱型梁，採用 ASTM A572 Gr.50 鋼材組成，螺栓則採用 A325 高強度熱浸鍍鋅螺栓。防蝕設計採用雙重防蝕系統，為熱浸鍍鋅防蝕工法(如圖 3~圖 5)與五道油漆塗裝(如表 1 所示)，除提升耐蝕效果外，更可降低未來維修養護成本。

本工程也相當重視環境保育、低碳排放之議題，先在鋼構廠銲接、鍍鋅及油漆後再運送至工地吊裝，如圖 6~圖 12 所示，可避免在施工期間破壞生態環境與產生高碳排之污染。完工後，如圖 13~15 所示。

### 四、結語

本工程之效益，除了讓鐵馬族能安心漫遊、欣賞風景外，更能帶動週邊觀光發展。鋼構防蝕方面，採用熱浸鍍鋅加油漆塗裝，除可增長鋼橋耐用年限外，更可減少未來養護維修費用，尤其台灣四面環海，長期受到東北季風的影響下，銹蝕問題更加嚴重，若能在工程設計初期，將生命週期成本(LCC)納入考量，熱浸鍍鋅防蝕工法，絕對是最佳的選擇！



表 1 塗裝系統

漆種	膜厚
環氧樹脂合金用底漆	50 $\mu$ m
環氧樹脂防銹漆	60 $\mu$ m
環氧樹脂 MIO 防銹底漆	60 $\mu$ m
聚胺中塗漆	30 $\mu$ m
聚胺面漆	25 $\mu$ m



圖 3 熱浸鍍鋅 - 最大尺寸：  
600×500×1.6m×3m×1m×11m 單重約  
15.5 噸。因寬度超過鍍鋅爐尺寸，故  
需兩次鍍鋅，紅色油漆為後續銲接處。



圖 4 熱浸鍍鋅整理作業，吊掛試片為後  
續送實驗室檢驗用



圖 5 熱浸鍍鋅完成



圖 6 鋼構廠預組立 (一)



圖 7 鋼構廠預組立 (二)



圖 8 油漆塗裝完成後運送至工地



圖 9 吊裝作業 (一)



圖 10 吊裝作業 (二)



圖 11 螺栓採用 A325 高強度熱浸鍍鋅螺栓 (一)



圖 12 螺栓採用 A325 高強度熱浸鍍鋅螺栓 (二)



圖 13 竣工 (一)



圖 14 竣工 (二)



圖 15 水月橋自行車道暨人行道

## 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	14.0×1.6×2.0	325桃園市龍潭區八德里湧光路一段136號	03-4792201	113.09.30
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	113.09.30
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	113.09.15
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	113.09.15
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	113.09.30
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	114.01.15
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	114.01.15
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	114.01.15
9	尚輝工業股份有限公司	13.0×2.0×3.2	338桃園市蘆竹區蘆竹里蘆竹街147號	03-3221411	114.05.15
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	04-7910255	114.05.23
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	114.06.15
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	113.11.30

※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	陳嘉昌	財團法人金屬工業研究發展中心組長
副主任委員	羅俊雄	工業技術研究院正工程師
委員	鄭錦榮	前台灣電力公司綜合研究所主任

GALVANIZING ASSOCIATION

徵稿

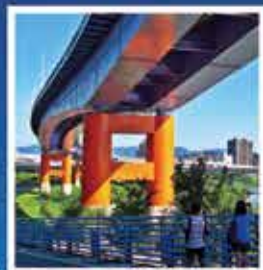
- ※市場活動專述
- ※新產品、新觀念
- ※技術交流園地
- ※鍍鋅產業資訊
- ※鍍鋅專題報告

刊登廣告

- 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

中華民國熱浸鍍鋅協會  
 TEL:(07)3320958  
 FAX:(07)3320960  
 E-mail:galvanat@ms63.hinet.net

# 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>

Email: [cisc@ms13.hinet.net](mailto:cisc@ms13.hinet.net)

# 永續與數位雙軸 打造淨零時代韌性水未來

Through the life cycle of use, reuse,  
and discharge, we work to optimize  
every facet of a water system

Stantec為全球頂尖綜合性工程顧問  
我們專注涉水基礎建設、廢污水處理、水域環境保護與  
生態復育、土壤與地下水污染整治、建築、  
能源與智慧資訊等領域  
整合全球經驗，精進工程品質並挹注獨特的在地人文  
實現與地共好、與環境共生的永續願景



美商傑明工程顧問(股)台灣分公司  
美華環境科技股份有限公司  
t +886 2 8712 3866

[www.stantec.com](http://www.stantec.com) | [www.stantec.tw](http://www.stantec.tw) | [www.facebook.com/StantecTaiwan](https://www.facebook.com/StantecTaiwan)



Stantec Taiwan  
Facebook



Stantec Taiwan  
Brochure

## 恆康工程顧問股份有限公司

<https://www.upga.com.tw>

恆康工程顧問股份有限公司隸屬於全聯建築技術機構系統 (UPGA)，提供土木、結構、水利、大地及防災等領域之全方位顧問服務，主要包含土木結構/水利環工/消防/空調/機電/建築設計/景觀設計/室內設計/展示設計/警用軍用室內靶場設計等領域工程專案，在國內民間與政府機關的履約成果中展現卓越服務績效。

### 服務特色

- 全方位服務團隊
- 完整專業服務網
- 整合、速度、成本
- 致力滿足客戶需求

#### 垂直整合

規劃  
設計  
採購  
施工  
監造  
維護保固

#### 水平整合

建築規劃	機電設計
設計及施工	保全監視系統
結構設計	其它專業工項消防
製程設備整合	弱電
鋼鐵	空調
室內設計裝修	給排水
水利環境工程	高低壓電氣工程等相關業務
設備產銷	專案管理

### 榮譽事蹟



- 中正忠孝橋引橋拆除工程 (設計監造)
- 16 屆金質獎、10 屆金安獎、106 年臺北市公共工程卓越獎

- 八里環教中心至挖子尾景觀再造 1 期 (監造)
- 第 17 屆金質獎、106 年新北市公共工程優質獎



- 警用、軍用室內靶場設計



- 福和橋南側人行道拓寬暨自行車牽引道新築工程 (設計監造)
- 15 屆金安獎、110 年臺北市公共工程卓越獎

**您有工程規劃、設計、監造或管理上的需求嗎？歡迎聯絡我們！**

總公司：台北市信義區基隆路一段 141 號 3F-1

T E L : (02) 2748-2225

F A X : (02) 2762-6018

E-mail : [candy@upga.com.tw](mailto:candy@upga.com.tw)

陳小姐 (分機#826)



# 亨欣工業股份有限公司

HENCEFORTH SHINE INDUSTRY CORP

ISO 9001(2015年版)國際品質保證

- 高雄市小港區永光街2-2號  
ADD:NO, 2-2 Yung-Kwang st. Kaohsiung Taiwan R.O.C.
- TEL:886-7-8068007 FAX:886-7-8062466
- E-mail:hen.shin@msa.hinet.net

- 鍍鋅槽尺寸：長13.0M × 寬1.8M × 高3.3M
- 處理能力：每月產能5000噸 單一構件最大負重15噸
- 自結構物到鋼管，各種形狀的鍍鋅構件都可以鍍作

岡山之眼



大連案

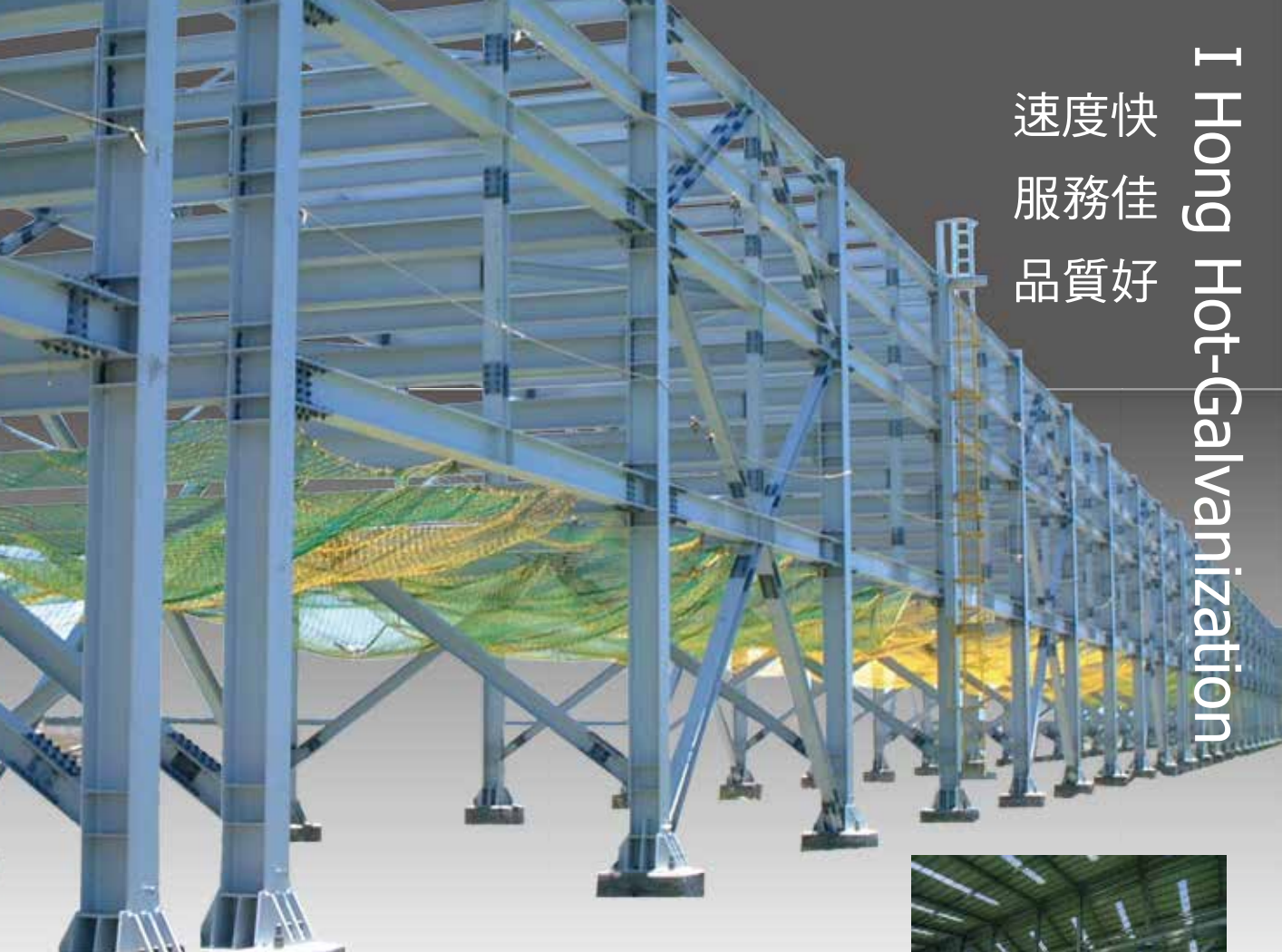
流行音樂中心



長光部落風雨球場



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



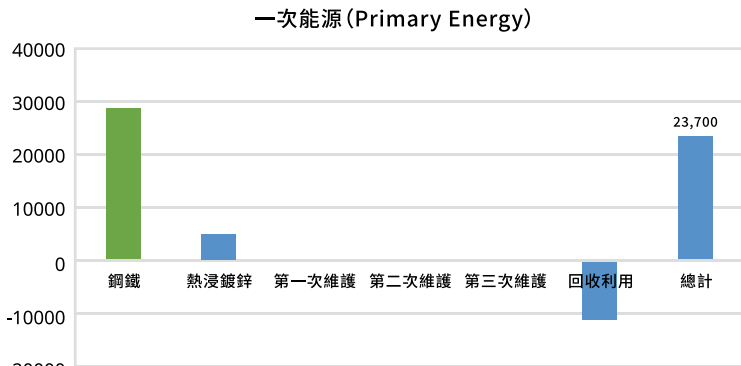
# 臺鍍科技股份有限公司

tg co., ltd.

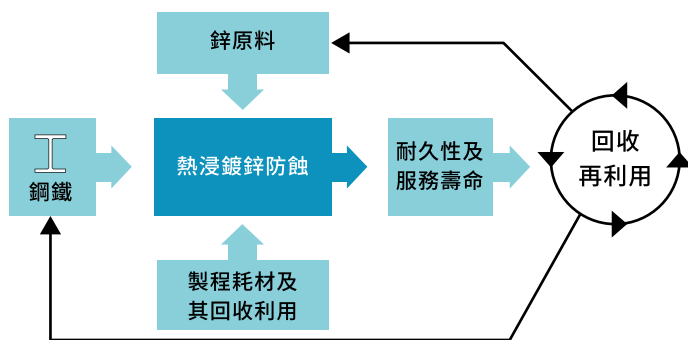
品質

服務

創新



熱浸鍍鋅陽台60年的能源需求 (Primary energy demand, PED)



## 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

3.8m × 0.8m × 1.2m

單件最大荷重能力

桃園廠: 40噸 / 高雄廠: 10噸

耐用年限長

經濟效益高

熱浸鍍鋅  
特點

週期成本低

環境衝擊少



總公司

台北市大安區和平東路一段117號2樓  
Tel: 02-25617665 Fax: 02-27123686  
網址: <http://www.tgnet.com.tw>  
E-mail: [info.tg@tgnet.com.tw](mailto:info.tg@tgnet.com.tw)

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](mailto: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: [emily.chen@tgnet.com.tw](mailto:emily.chen@tgnet.com.tw)

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: [simon.chen@tgnet.com.tw](mailto:simon.chen@tgnet.com.tw)

# 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

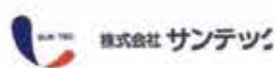
### 服務項目

- 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