

耐候鋼、鍍鋅鋼與塗漆鋼之長期耐候性

◎張耀南

中國鋼鐵公司鋼鐵研發處

一、前言

台灣為亞熱帶海島型氣候，溫熱，潮濕，加上工商業蓬勃發展的污染，一般鋼材常因腐蝕而生銹，甚至破壞或斷裂，造成使用壽命低，影響生命財產之安全。在科學的研究上，腐蝕的種類很多，但是以在大氣中之銹蝕為最常見的腐蝕型態，鋼結構又是常承受大氣腐蝕的材料，圖 1 是典型鋼結構經長期大氣腐蝕後之外觀。許多防治方法也逐漸被開發使用，例如：塗漆、鍍鋅或使用耐候鋼等，依交通部公路局所訂的防蝕設計與施工準則，各種防治方法都有其優缺點，以耐蝕性而言，塗漆與使用耐候鋼期待耐用之年限均較低，鍍鋅則服務年限較高，防蝕效果優良。本文是以實際實驗數據探討常見之耐候鋼、鍍鋅鋼與塗漆鋼長期耐候性，以供設計者選擇防蝕對策之參考，而圖 2 則是本文測試長期耐候性之典型試片架外觀，乃是依 ASTM G50 規定之方式製作。

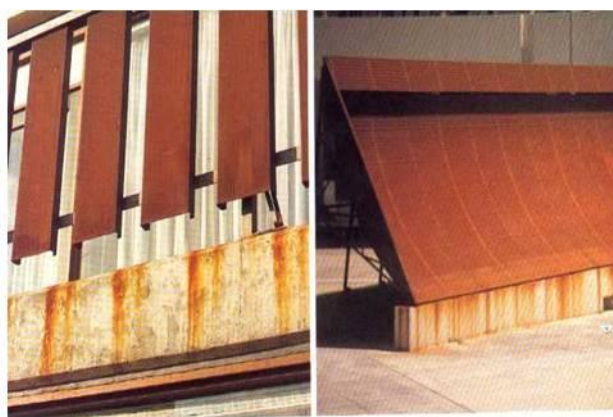
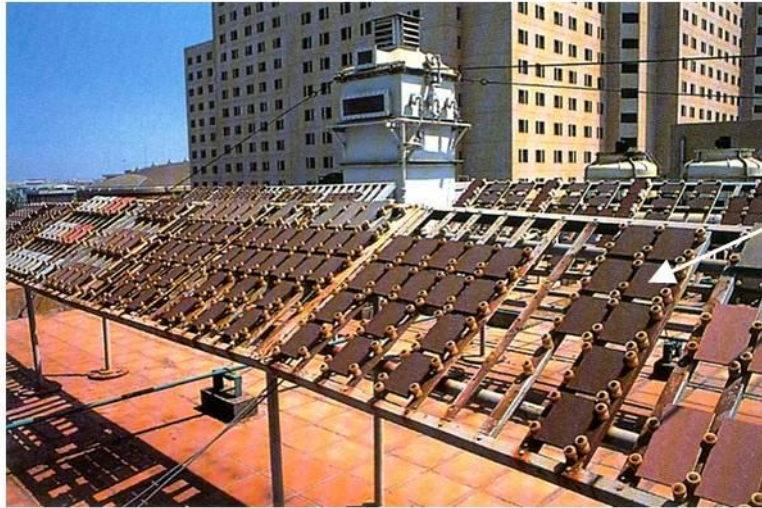


圖1. 典型鋼結構經長期大氣腐蝕後之外觀



試片
(仰角30°)

圖2. 本文測試長期耐候性之典型試片架外觀

二、塗漆鋼耐候性

塗漆是鋼結構使用最普遍與方便的防蝕方法，因防蝕與美觀的需求，市面上已有許多不同的油漆，本節是針對三種不同塗漆系之碳鋼與耐候鋼在三種不同地區之長期耐候性做探討。

圖 3 顯示碳鋼與耐候鋼上三種不同塗漆系之塗層種類與厚度示意圖，顯示 PU 系與氟樹脂系底漆都相同，只有氯化橡膠系具不同底漆；三種塗漆系中塗漆都相同；面漆則三種塗漆系都不同。圖 4~6 是碳鋼與耐候鋼上不同漆分別在中山大學濱海區、樹林鄉村區及林口濱海工業區大氣曝露試驗結果，本文將各塗漆鋼經不同地區不同時間曝露後，銹蝕程度分「未銹蝕」、「輕微」、「中等」、「嚴重」、「完全銹光」五種等級，典型的試片外觀照片如圖 7 所示。

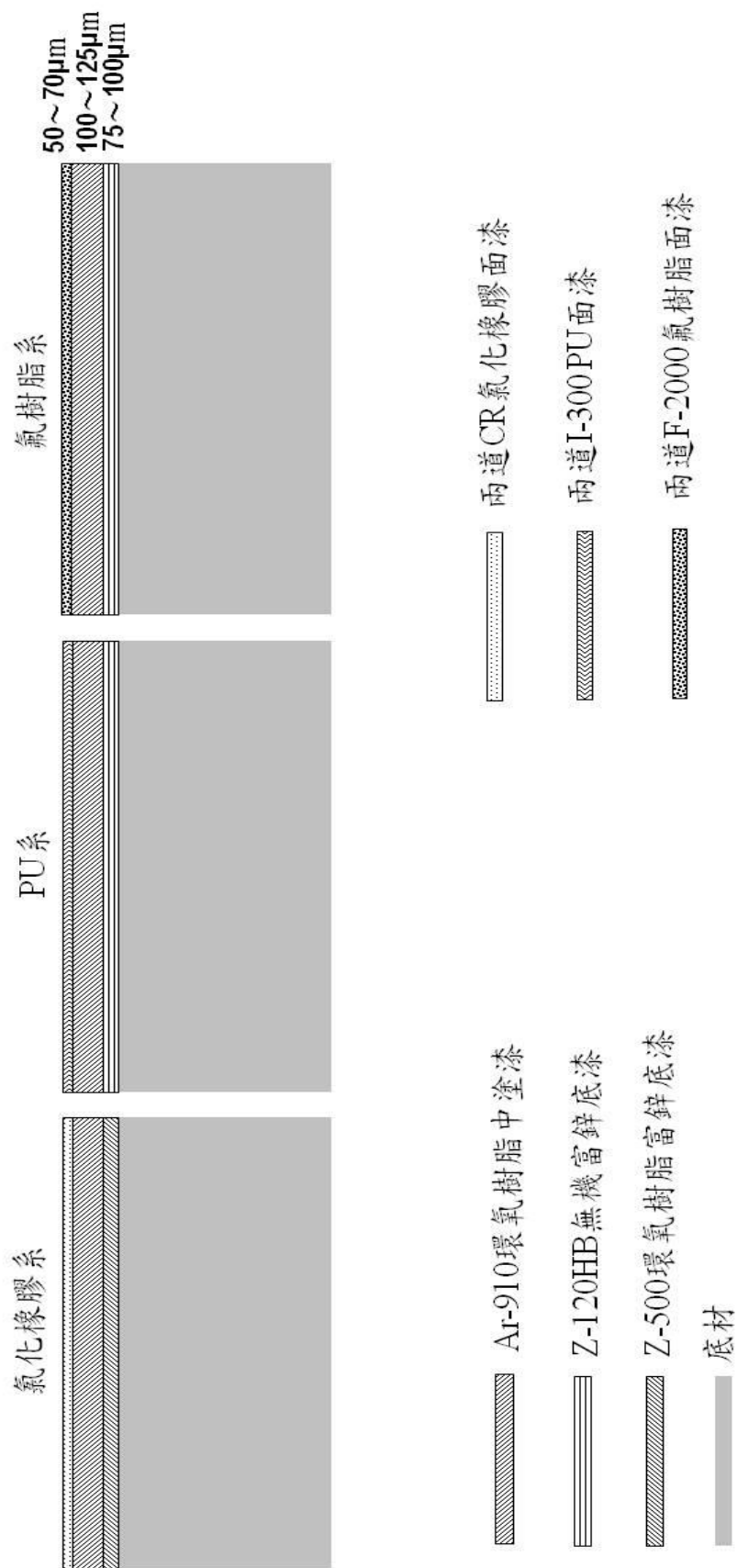


圖3. 碳鋼與耐侯鋼上三種不同塗漆系之漆的種類與厚度

圖 4 顯示在中山地區使用氯化橡膠系塗漆碳鋼，10 年就有輕微銹蝕，15 年有嚴重銹蝕；使用 PU 系鋼，10 年也有輕微銹蝕，15 年仍是輕微銹蝕；改用氟樹脂系即使長達 15 年也仍未銹蝕。反之，使用氯化橡膠系塗漆耐候鋼，雖然 10 年就有輕微銹蝕，但 15 年仍是輕微銹蝕；使用 PU 系鋼或氟樹脂系，15 年都未銹蝕。由此可知在此環境如使用氟樹脂系塗漆，底材用碳鋼即可(至少可使用 15 年)，若使用 PU 系塗漆，則底材一定要用耐候鋼，使用氯化橡膠系塗漆，無論底材用何種鋼材都不恰當。

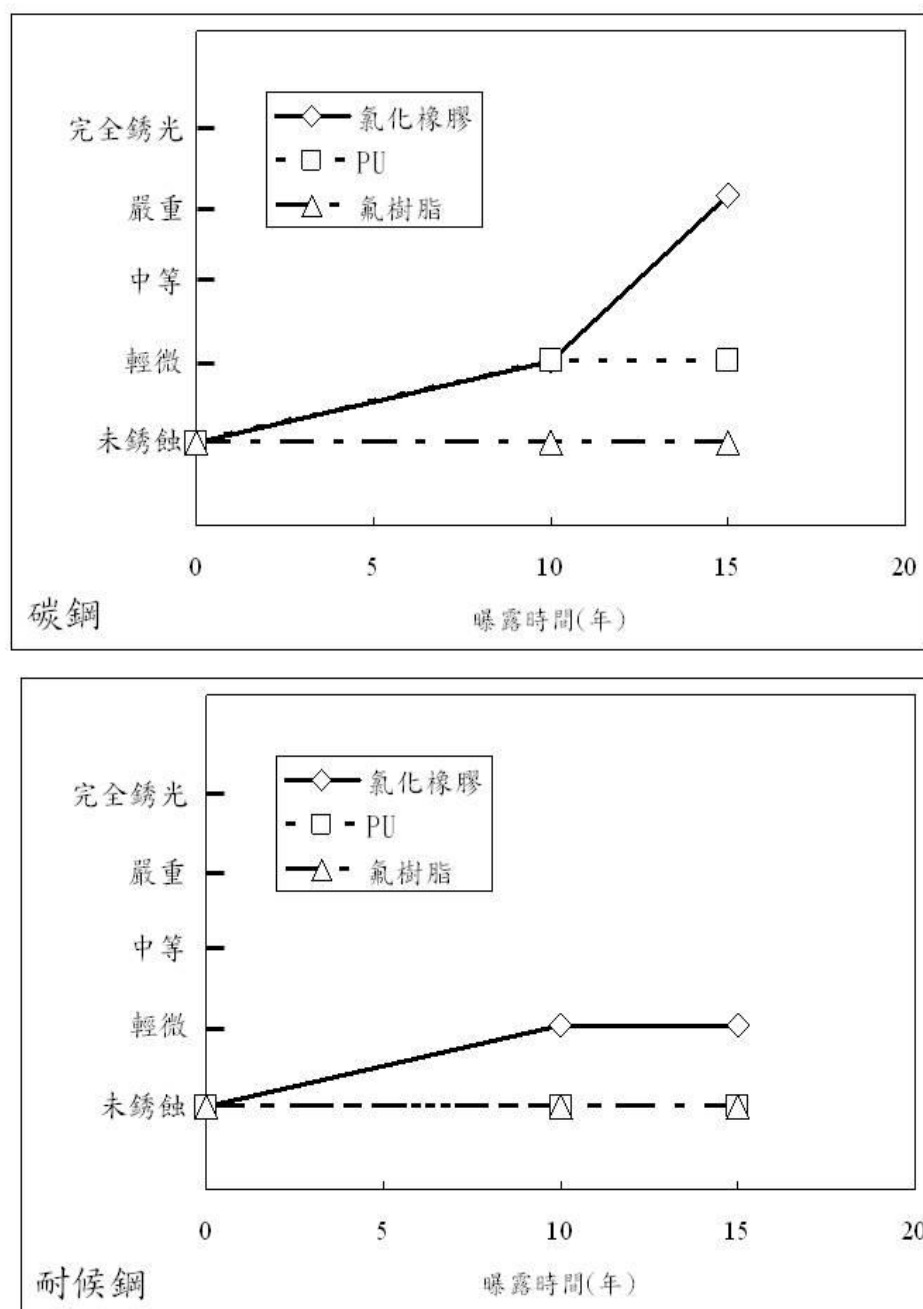


圖4. 碳鋼與耐候鋼上三種不同漆在中山大學濱海區大氣曝露試驗結果

圖 5 顯示在樹林地區使用 PU 系鋼或氟樹脂系，無論底材用何種鋼材，15 年都未銹蝕，所以底材用碳鋼即可，若使用氯化橡膠系塗漆，則底材一定要用耐候鋼(因底材用碳鋼 10 年就有輕微銹蝕)。

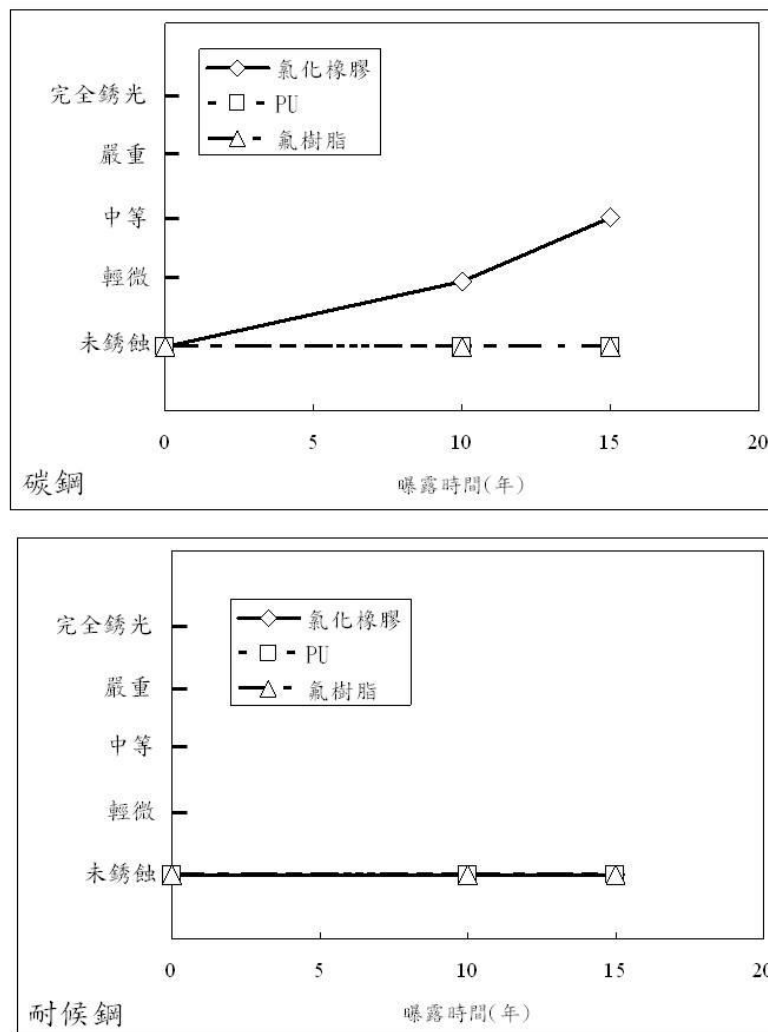


圖5. 碳鋼與耐候鋼上三種不同漆在樹林鄉村區大氣曝露試驗結果

圖 6 顯示在林口地區即使使用 PU 系或氟樹脂系，且底材用耐候鋼，10 年就有輕微銹蝕，所以在此環境宜加重複合防蝕。此外，圖 4~6 也顯示任何底材任何環境，氯化橡膠系都比 PU 系及氟樹脂系差，乃因氯化橡膠系使用氯化橡膠 (CR) 面漆，可能含有可塑劑，經長時間日曬，容易劣化，一旦破損，外界腐蝕性氣氛滲入內部，其底漆又是 Z-500 環氧樹脂富鋅底漆，一般此種底漆導電性較差，犧牲保護效果也較差，故整體耐候性最差。反之，其他兩種塗漆系，即使面漆破損，其底漆又是導電性較佳之 Z-120HB 無機富鋅底漆，犧牲保護效果也較佳，故耐候性較佳。

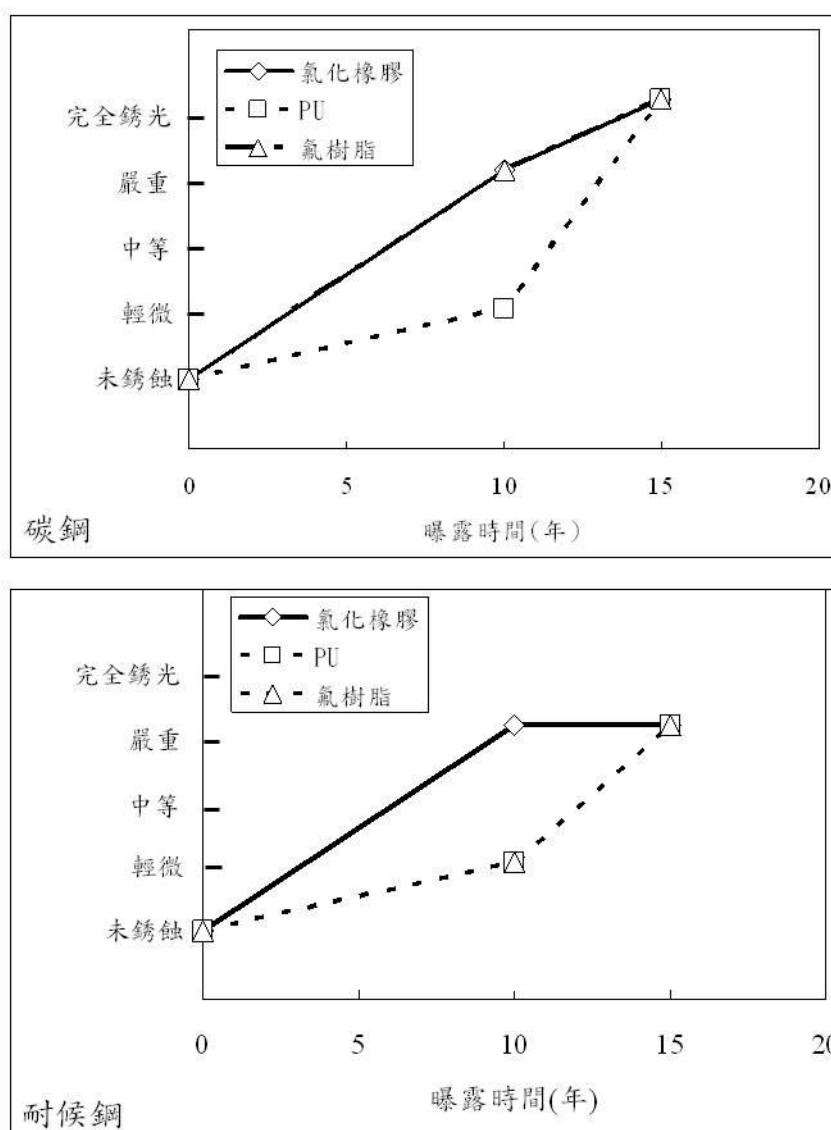


圖6. 碳鋼與耐候鋼上三種不同漆在林口濱海工業區大氣曝露試驗結果

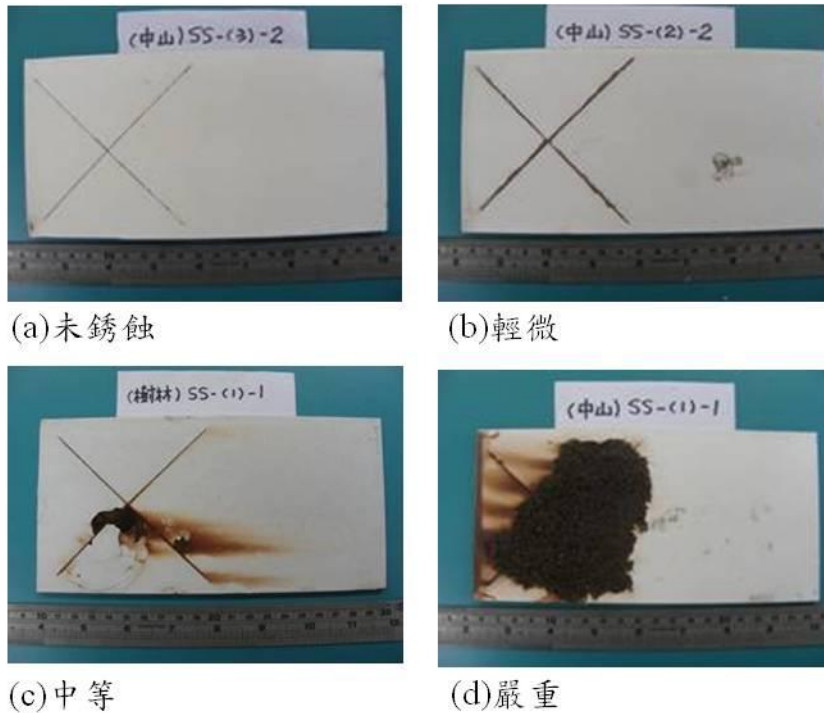
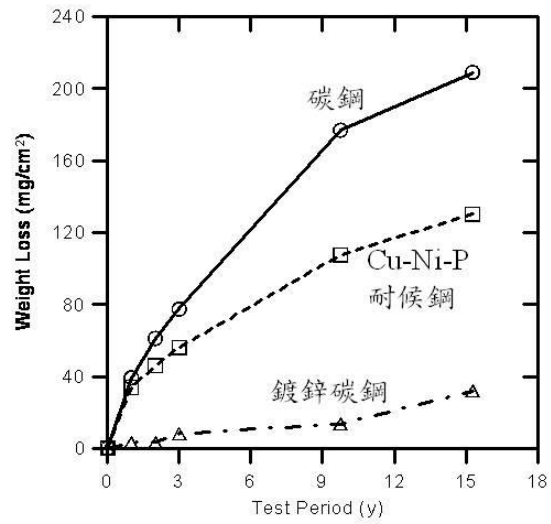


圖 7. 本文對銹蝕等級分類之典型外觀照片

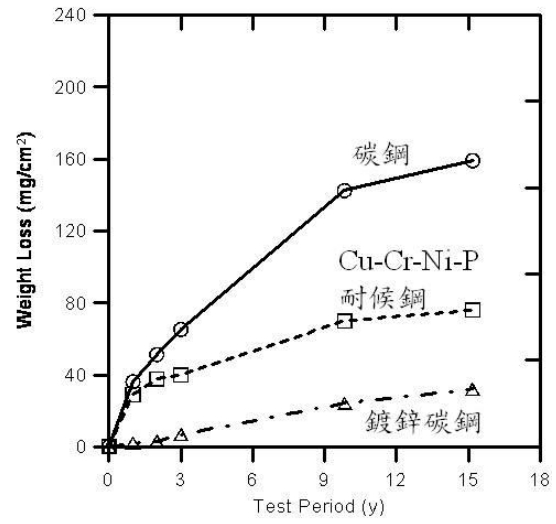
三、耐候鋼與鍍鋅鋼耐候性

熱浸鍍鋅鋼是將鋼鐵材料浸置於低熔點的液態鋅中，附著於鋼材表面之鋅於取出後經冷卻可以形成一附著性良好的表面金屬層，此熱浸鍍鋅層一方面可以隔絕腐蝕性環境的侵蝕，另一方面對於底材也可提供陰極防蝕的效果。

圖 8 是耐候鋼、鍍鋅鋼與比較材碳鋼之腐蝕失重對曝露時間之關係，顯示在兩種地區，雖然耐候鋼之耐候性都比碳鋼佳，但是碳鋼經鍍鋅後耐候性即遠超過耐候鋼，此外，碳鋼與耐候鋼之腐蝕失重有隨曝露時間而趨緩之現象，但鍍鋅鋼在 15 年之曝露結果仍無此現象，典型的外觀照片如圖 9 所示，一般熱浸鍍鋅鋼之鍍層除最外部之 η 相六方晶系純鋅層外，尚有由外至內依序之 ζ 相單斜晶系 FeZn_{13} 、 δ 相六方晶系 FeZn_7 、 Γ 相體心晶系 $\text{Fe}_3\text{Zn}_{10}$ 等鐵鋅合金層⁽³⁾，圖 9 顯示除雨水污染之髒物外，尚無紅色之鐵銹，耐候性甚佳。



(a) 中山



(b) 樹林

圖8. 耐候鋼、鍍鋅鋼與比較材碳鋼之腐蝕失重對曝露時間之關係



圖9. 熱浸鍍鋅鋼在中山大學曝露15.27年後之外觀

一般鋼材長期大氣曝露之腐蝕失重 C 與曝露時間 t 滿足下列關係式：

$$C = At^B \quad (1)$$

A 、 B 為常數，裸露鋼材如此⁽¹⁾，鍍鋅鋼材也如此⁽²⁾，故

$$\log C = \log A + B \log t.$$

$\log C$ 對 $\log t$ 之關係應為一直線，由其斜率及在縱軸之截距可分別求出 B 及 A 值。圖 8 中 $\log C$ 對 $\log t$ 之關係如圖 10 所示，線性迴歸所得之 A 、 B 及 R^2 的值如表 1 所示，各地之鍍鋅鋼的 B 值高達 0.83~1.11，顯示其腐蝕失重並無隨曝露時間而趨緩之現象，但鍍鋅鋼欲達超過耐候鋼腐蝕失重，應仍須一段很長的時間。

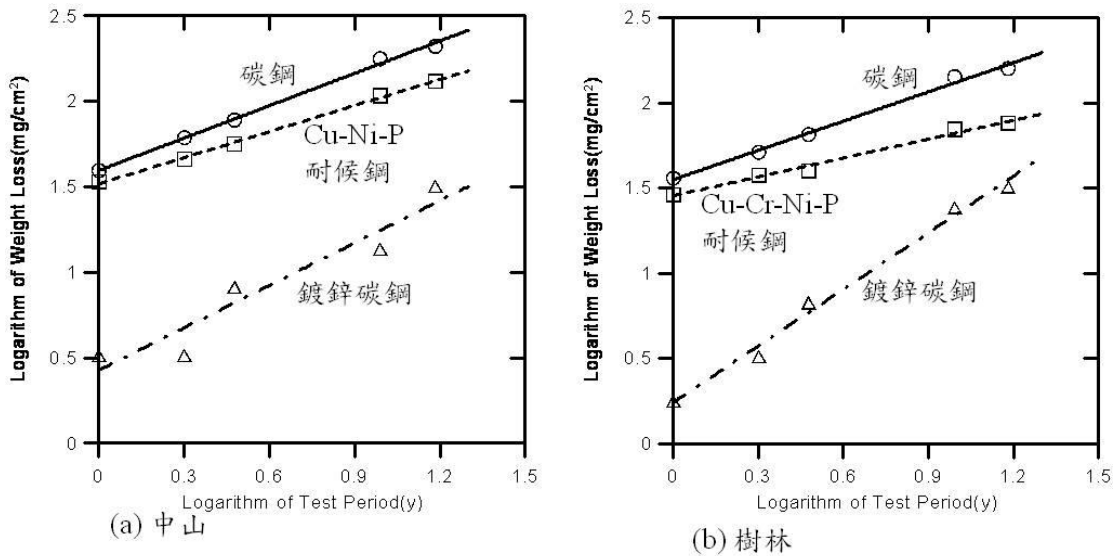


圖 10. 圖 8 之腐蝕失重對數對曝露時間對數的關係

表 1. 圖 10 中線性迴歸所得之 A 、 B 及 R^2 的值

地點	鋼材	A 值	B 值	R^2 值	$t^*(y)$
中山	SS400	39.4	0.63	0.99	7.0×10^5
	AS1	32.9	0.51	0.99	2561
	鍍鋅鋼	2.67	0.83	0.91	-
樹林	A36	35.4	0.57	0.99	265
	A242-1	28.5	0.37	0.99	44
	鍍鋅鋼	1.74	1.11	0.99	-

t^* ：鍍鋅鋼腐蝕失重達裸露鋼材腐蝕失重所須之時間

四、結論與建議

1. 無論底材是碳鋼或耐候鋼，氯化橡膠系都比 PU 系及氟樹脂系差。
2. 在中山地區如使用氟樹脂系塗漆，底材用碳鋼即可，若使用 PU 系塗漆，則底材一定要用耐候鋼，使用氯化橡膠系塗漆，無論底材用何種鋼材都不恰當。
3. 在樹林地區使用 PU 系鋼或氟樹脂系，底材用碳鋼即可，若使用氯化橡膠系塗漆，則底材一定要用耐候鋼。
4. 在林口地區使用此三種塗漆系即使底材用耐候鋼，10 年就有輕微銹蝕，所以在此環境宜加重複合防蝕。
5. 鍍鋅鋼只要鍍鋅層尚未耗盡，其耐候性優於耐候鋼。

參考資料

1. H. E. Townsend and J. C. Zoccola: ASTM Spec. Tech. Pub. 767, (1982) pp 45 – 59
2. R. A. Legault and V. P. Pearson: “Kinetics of the Atmospheric Corrosion of Galvanized Steel” in “Atmospheric Factors Affecting the Corrosion of Engineering Metals” ed. S. K. Coburn, ASTM STP 646, American Soc. For Testing and Materials, (1978) pp 83 – 96
3. Y. Wakamatsu and M. Onishi: “Formation and Growth Kinetics of Intermediate Phases in Hot Dip Galvanizing”, Tetsu-to-Hagane, No.14, (1978) pp 117 - 125