

台灣地區鋼板 (管) 樁碼頭腐蝕現況調查研究

柯正龍*、陳桂清、饒正

Field Investigation on Corrosion of Wharf Steel Sheet/ Pipe Piles in Taiwan

Jeng-Long Ko*, Kuei-Ching Chen, Cheng Jao

摘要

為確保碼頭營運安全及延長港灣構造物使用年限，本文特以花蓮、基隆、蘇澳及台中港鋼板 (管) 樁碼頭現況做為探討，藉由腐蝕現況之調查結果，提供港務局未來之防蝕設計及維護參考。調查結果顯示，花蓮港 5 號、6 號碼頭雖未安裝防蝕保護措施，但鋼板樁腐蝕速率小於 0.1 mm/yr，遠小於設計允許值，然而因使用年限均已超過 30 年，且部份鋼板樁厚度減少量大於 3.0 mm，接近原設計允許值，值得注意。基隆、蘇澳及台中港之鋼板 (管) 樁有安裝陰極防蝕保護措施，防蝕效果良好，未有明顯銹蝕現象。

關鍵詞：鋼板樁；犧牲陽極；防蝕。

ABSTRACT

To assure operation safety and extending service life of port facilities, sheet/pipe piles of wharf at Hwa-Liang, Kee-Lung, Su-Ao and Tai-Chung ports were surveyed. The results of field investigations are analyzed and will provide a reference to port authority for corrosion prevention and maintenance strategy in the near future. Results indicated that corrosion rate of steel piles without corrosion prevention at No. 5 & 6 wharfs in Hwa-Liang port is less than 0.1 mm/yr (far less than designed criteria value). However, Hwa-Liang port has been constructed over 30 years, parts of steel sheet-piles thickness are reduced over 3.0 mm and almost reach to the maximum allowable deduction value. It would make piles structures deficient in force-bearing. As to Kee-Lung, Su-Ao and Tai-Chung ports, Steel piles with cathodic protection are well prevented from corrosion; and wharfs are in good situations.

Keywords : steel sheet pile; Sacrificial anode; Corrosion prevention.

1. 前言

海水對大多數金屬材料而言，為一極容易發生腐蝕的環境，港灣鋼結構物諸如鋼板（管）樁、管線、拉桿等構件，常年浸泡於海水嚴酷的環境下，鋼結構物甚難倖免於腐蝕損壞的威脅。

港灣技術研究中心於民國 79 年至 90 年間，曾對國內五大港區碼頭之鋼板（管）樁進行全面調查，發現部分港區碼頭之鋼板（管）樁腐蝕問題嚴重，不僅發生穿孔、破洞等情形，甚至曾發生碼頭岸壁後方級配砂石流失、掏空、岸肩沉陷或靠海床處鋼板開裂及彎曲等重大損壞^[1-3]。由於鋼板（管）樁腐蝕為一長期持續發生之自然現象，為確保碼頭構造物使用安全與正常營運及延長碼頭鋼板（管）樁使用年限，應定期進行檢測與維護工作。

2. 調查方法與試驗項目

2.1 調查流程規劃

本研究參考國內外相關文獻與調查報告後^[4-7]，依實際需求擬訂調查方法與試驗項目，其流程規劃如圖 1 所示。

2.2 調查範圍

鋼板樁碼頭包括花蓮港 5 號、6 號碼頭及航道岸壁、基隆港西 21 號、西 22 號碼頭及蘇澳港駁船碼頭；鋼管樁碼頭則有蘇澳港 7 號與台中港 30 號碼頭。

2.3 資料蒐集與分析

蒐集調查碼頭建造之原始資料，包括碼頭結構設計、板樁型式、防蝕處理、使用年限、施工等，以及國內外鋼板樁腐蝕防治之相關文獻。

2.4 海水水質檢測

使用德國 WTW 水質測儀，檢測每一碼頭水域不同水深處之氯離子濃度、水溫、溶氧量、酸鹼

度。

2.5 鋼板樁檢測

2.5.1 目視檢測

由潛水人員潛入水下，近距離以目視檢測鋼板（管）樁表面腐蝕情況，如發現有破洞或變形則先標定位置，丈量或記錄破洞大小，再檢查鋼板（管）樁後方級配是否有流失、掏空等現象，最後以照相或攝影存證。

2.5.2 厚度檢測

鋼板（管）樁厚度之檢測過程如下：

2.5.2.1 選定檢測樁

花蓮港 5 號、6 號碼頭各選定 20 支鋼樁，並於航道岸壁及 5 號碼頭鋼板樁陸側進行開挖，瞭解拉桿等附屬設施之腐蝕現況；基隆港西 21 號、西 22 號碼頭亦各選定 20 支樁；蘇澳港駁船碼頭選定 34 支樁及 7 號碼頭選定 8 排共 36 支樁；台中港 30 號碼頭選定 6 排共 39 支樁。

2.5.2.2 水深選定與量測位置

依各港區碼頭構造物腐蝕可能趨勢，每支鋼板（管）樁選定三至十點水深處作為厚度量測點，其中包含潮汐帶至少一點，水中帶至少兩點為原則。鋼板樁以檢測凸、凹、側等三面之厚度，鋼管樁則依圓周四等分取四點量測其厚度。

2.5.2.3 厚度量測方法與步驟

(1) 超音波測厚法

- (a) 使用工具敲除鋼板樁表面上附著之海生物體及鐵銹，敲除面積約 10 cm × 10 cm 左右。
- (b) 以英國製之 Cygnus I 型超音波厚度儀之探頭，接觸已敲除清理乾淨之鋼板表面，讀取鋼板樁厚度；每一水深測點，量取兩次厚度數據，平均後即為現有厚度。

(2) 渦電流測厚法

本法係利用電磁感應原理，在鋼材中生成感應渦電流。渦電流會因鋼材內之瑕疵或物理差異而有所改變，可精確量測得鋼材厚度。但受限於鋼材形狀，僅限於鋼管樁使用，並不適用於鋼板樁之量測。

2.5.2.4 腐蝕速率計算

將各測點所得之厚度數據平均之，可得鋼板(管) 樁現有厚度。再以鋼板(管) 樁原有厚度減去現有厚度，即可得出鋼板(管) 樁實際減少之厚度(亦即腐蝕厚度)。將減少之厚度再除以鋼板(管) 樁使用之年期，可計算鋼板(管) 樁之實際腐蝕速率。腐蝕速率換算公式如下：

$$\text{防蝕速率} = \frac{\text{原有厚度} - \text{現有厚度}}{\text{使用年期}} \quad (1)$$

基隆港西 21、西 22 碼頭與蘇澳港駁船碼頭鋼板樁均於使用一段期間後，再安裝犧牲陽極作為防蝕方法，因此，其腐蝕速率又可分為兩種：(1) 未作防蝕措施前之腐蝕速率；(2) 採用防蝕措施後之腐蝕速率，其公式分別如下：

$$V_c = \frac{C}{Y_c + (1-P)Y_p} \quad (2)$$

$$V_p = \frac{C - V_c \times Y_c}{Y_p} \quad (3)$$

式中：

- V_c = 無防蝕措施之腐蝕速率 (mm/yr)
- V_p = 有防蝕措施之腐蝕速率 (mm/yr)
- Y_c = 無防蝕措施之年期 (yr)
- Y_p = 有防蝕措施之年期 (yr)
- C = 減少厚度 (mm)
- P = 防蝕百分率

一般而言，鋼樁設計時選用型式應有足夠斷面及厚度用以抵抗背填土壓力及彎矩或軸向應力，並考量腐蝕可能產生之影響，如厚度或腐蝕速率大於設計允許值需立即評估其安全性。

2.5.3 鋼板樁保護電位量測

量測時，高阻抗數位電錶之探棒接觸於鋼板樁連結之不銹鋼電位測試棒上，另一端探棒則連接銅/硫酸銅電極，置於欲量測之鋼板樁旁。

防蝕效果的判斷標準如表 1 所示，若鋼鐵結構物之電位值較標準防蝕電位值為“負”時，鋼鐵結構物是為保護狀態，若電位值比標準防蝕電位值“正”時，則表示保護不足或防蝕效果不佳。以飽和硫酸銅參考電極為例，若鋼鐵結構物之電位值較 - 850 mV 為“負”，鋼鐵結構物為保護狀態，但若值較 - 800 mV 為“正”，則表示保護不足或防蝕效果不佳。

2.6 陽極塊調查

2.6.1 選定陽極塊

基隆港西 21 號碼頭抽檢 8 支，西 22 號碼頭抽檢 7 支。蘇澳港駁船碼頭 A、B 兩段各抽檢 2 支共 4 支，7 號碼頭抽檢 11 支。台中港 30 碼頭抽檢陽極塊共 15 支。

2.6.2 陽極塊電位之量測

- (1) 量測方式同 2.5.3 所述，但飽和硫酸銅電極分別置放於陽極塊之上、中、下三處。
- (2) 將陽極塊附著之海生物去除後，再以上述方法量測電位一次。

2.6.3 陽極塊外觀檢查

陽極塊切割後吊至岸上，將附著之海生物去除，觀察記錄陽極塊外觀及消耗情況。

2.6.4 陽極塊重量量測

陽極塊完成外觀檢視後，紀錄其消耗量。切下之陽極塊必需再焊接回原來之鋼板(管)樁上。

3. 結果與討論

3.1 基本資料分析

表 2 為調查碼頭之相關基本資料，包括花蓮港 5 號、6 號碼頭、航道岸壁，基隆港西 21 號、西 22 號碼頭，蘇澳港駁船碼頭及 7 號碼頭與台中港 30 號碼頭。

3.2 海水水質

各港口碼頭水域之海水水質差異不大，鹽度介於 30.9 ~ 34.7 ‰ 間，電導度值介於 43.2 ~ 52.7 mmho/cm，比電阻值 19.0~23.2 Ω -cm，溶氧量介於 5.2~8.3 mg/L，氯離子平均濃度在 16,500~24,000 ppm，酸鹼度介於 7.8 ~ 8.3。

3.3 鋼板(管)樁現況

3.3.1 花蓮港

3.3.1.1 目視檢測

花蓮港 5 號碼頭岸壁下方 (+3.5m) 至潮汐帶上方之鋼板樁，鋼板樁表面每年均定期以防蝕塗料塗覆保護，因此外觀無嚴重腐蝕現象，但整座碼頭之鋼板樁表面均有明顯銹蝕斑點及凹凸不平現象，顯示潮汐帶之鋼板樁呈現不均勻腐蝕，另從海側近距離目視觀察亦未發現有穿孔或破洞等狀況。水下部分亦未發現有孔蝕或穿孔破洞等情形，但是距碼頭起點 55.4 公尺、66.2 公尺、81.8 公尺處凹面及 121.5 公尺處凸面之鋼板樁，於海床處則有開裂及彎曲現象，開裂最大寬度從 15 至 25 公分，高度約 1 至 2 公尺，研判應為地震作用導致動土壓力推擠鋼板樁，致發生三角錐形開裂並使部分開裂處鋼板彎曲，與鋼板樁腐蝕行為應無直接關係。

4 號碼頭於民國 89 年維修地下管線，曾發現鋼板樁陸側部分有明顯銹蝕及穿孔破洞。由於 4 號、5 號碼頭啟用已超過 30 年，本研究特選定 5

號碼頭終點處岸肩進行開挖。開挖結果顯示，鋼板樁陸側表面有一層厚重鐵銹，敲除後有多處破洞，破洞尺寸最大長約 5 公分，寬約 3 公分，顯示背填土對腐蝕影響程度應予重視。

6 號碼頭於距起點 112 公尺處，鋼樁凸面發現有一寬約 25 公分，高約 2 公尺呈三角錐形之開裂，研判應為地震作用產生動土壓力推擠鋼板樁所致。港務局已採鋼板焊接方式補強修護，其餘鋼板樁外觀並未發現孔蝕或穿孔破洞等現象。

航道岸壁之鋼板樁外觀亦無嚴重腐蝕現象。又因東部地區地震頻繁，為確保鋼板樁及其埋設於後線土壤中之附屬設施(拉桿、錨碇版...等)是否有嚴重腐蝕、斷裂之安全疑慮，特於航道起點 450 公尺處之岸壁陸側及後線 10 公尺等兩處進行開挖，開挖結果顯示拉桿外觀完好未發現生銹，拉桿厚度亦無減小，顯示拉桿狀況良好。

3.3.1.2 鋼板樁腐蝕速率

本次檢測之位置分別為 5 號碼頭於終點處選取 20 支測樁，檢測水深為 +3.3 m、+2.6 m、+1.8 m、+0.5 m、-1.0 m、-1.5 m、-2.0 m、-2.5 m、-3.0 m 與 -3.5 m 等 10 個深度測點，共計 600 個檢測點；6 號碼頭於自起點選取連續 20 支測樁，檢測水深及數量同五號碼頭。

圖 2 為 5 號碼頭鋼板樁平均腐蝕速率與水深關係之檢測結果。在水深 -1.00 m 處凸面、凹面、側面之腐蝕速率較大(均為 0.08 mm/yr)，潮汐帶(水深 +0.50m ~ 水深 -2.00m 處)之平均腐蝕速率及其它水深處之腐蝕速率都小於 0.20 mm/yr 設計允許值，部份鋼板樁凸、凹、側面減少厚度大於 3.0 mm，超過原有厚度 20% 以上，值得注意。

圖 3 為 6 號碼頭鋼板樁平均腐蝕速率與水深關係之檢測結果。平均腐蝕速率最大為 0.08 mm/yr。腐蝕速率以側面較大，凸、凹面次之。但少數鋼板樁最大減少厚度(側面及凹面：3.55 mm、凸面：3.50 mm)已超過原有厚度之 20% 以上。

航道岸壁鋼板樁減少厚度約 2.0~3.0 mm，腐蝕速率在 0.09 mm/yr 左右，低於設計允許值，顯

示鋼板樁腐蝕應屬輕微。

3.3.2 基隆港

3.3.2.1 目視檢測

西 21 號、西 22 號碼頭鋼板樁外觀均未發現有孔蝕或穿孔破洞等現象。

3.3.2.2 鋼板樁腐蝕速率

西 21、西 22 號碼頭之檢測位置分別自起點 200 m 處及起點 40 m 處各選取 20 支測樁，檢測水深為 +0.7 m、+0.2 m、-0.3 m、-4.3 m 及 -5.3 m 五個水深測點，每一碼頭各檢測 600 點。

圖4 及圖5 分別為兩座碼頭鋼板樁平均腐蝕速率檢測結果，西 21 號碼頭以在水深 +0.20 m 處凸面之平均腐蝕速率 (0.09 mm/yr) 較大，側面(0.08 mm/yr)，凹面 (0.06 mm/yr) 次之。西 22 號碼頭鋼板樁平均腐蝕速率檢測結果，以在水深+0.20 m 處凸面 (0.07~0.14 mm/yr) 較大，凹面(0.05~0.09 mm/yr) 及側面 (0.06 mm/yr) 次之，均低於設計允許值。鋼板樁凸面因受海水直接衝擊，表面受海水流速沖刷影響腐蝕量大於凹面及側面。

平均腐蝕速率最大之水深，在 +0.20 m -0.30 m 處之間 (0.04~0.11 mm/yr)，仍低於允許設計值，但有少數測點之凸面腐蝕速率大於或接近設計允許值；本區域因與緊鄰最低潮位，受氧氣濃淡電池差之作用，鋼材可視為一陽極反應區域，因此腐蝕速率較大。在水深 +0.70m、+0.20 m及 -0.30 m 處發現部分測點之減少厚度超過原設計允許值，必須多加注意。

最大腐蝕速率西 21 號碼頭為 0.23 mm/yr (水深為 +0.20 m 凸面處)，已大於設計允許值，西 22 號碼頭為 0.18 mm/yr (水深 +0.20 m、-0.30 m 處之凸面)，仍小於設計允許值。平均減少厚度均以凸面最大 (3.68、2.71 mm)，凹面 (1.90、1.68 mm) 及側面 (1.39、1.58 mm) 次之，腐蝕情況雖非全區都很嚴重，惟減少厚度部分高達 5.40~ 7.40 mm (西21號碼頭凸面)，超過原有厚度之 20% 並大於 4.0 mm，雖平均腐蝕速率雖未超過允許值，但

仍需多加注意。

整體而言，西 21、西 22 號碼頭本次調查之腐蝕速率已低於民國 79 年之調查結果，顯示採用之陰極防蝕工法已達到預期效益。

3.3.2.3 鋼板樁保護電位

陰極防蝕是以降低金屬之電位，來減緩金屬的溶解反應，進而達到降低或抑制腐蝕速率之目的，美國 NACE 於 2002 年曾訂定防蝕電位之標準為將結構物之電位控制至 -850 mV (以Cu/CuSO₄ 電極量測)以下，即可達到防蝕目的。本座碼頭鋼板樁保護電位量測結果：最大值為 924 mV，最小值為 1209 mV，均小於 850 mV，已達保護鋼板樁免於腐蝕之目的。

3.3.3 蘇澳港駁船碼頭

3.3.3.1 目視檢測

鋼板樁外觀未發現腐蝕穿孔或破洞現象。

3.3.3.2 鋼板樁腐蝕速率

厚度量測選取 A、B 兩段範圍(本碼頭依平面形狀，區分為 A、B、C、D 四段)各 17 支測樁，檢測水深為 -1.0 m、-1.7 m 及 -3.2 m，共計 306 個量測點。

圖6 為 A、B 兩段範圍之鋼板樁其平均腐蝕速率與水深關係，平均腐蝕速率最大為 0.09 mm/yr(水深-1.00 m 處)，均小於設計允許值 (0.20 mm/yr)。鋼板樁使用時間已接近 30 年，其凹、凸面最大減少厚度約 2 mm，側面約 2.2 mm，已接近原有厚度之 20%，需多加注意。

3.3.3.3 鋼板樁保護電位量測

本座碼頭鋼板樁保護電位量測結果：最大值為 1047 mV，最小值為 1083 mV，均小於 850 mV，已達保護鋼板樁免於腐蝕之目的。

3.3.4 蘇澳港7號碼頭

3.3.4.1 目視檢測

鋼管樁無孔蝕或破洞等狀況，但表面有著許多海生物。

3.3.4.2 鋼管樁腐蝕速率

以渦電流檢測鋼管樁厚度量測，共選定 8 排 36 支測樁(自碎波堤端算起第 5、6、25~30 排，每排測樁代號自海側依序以 L1~L5 表示之)。檢測水深為 +0.70 m、+0.20 m、-0.30 m、-1.70 m、-5.70 m 共五個深度測點，共計 600 個量測點。

圖 7 為各測樁之腐蝕速率與水深關係，整體而言，潮間帶及水中帶之腐蝕速率差異不大，最大腐蝕速率為 0.11mm/yr，低於設計允許值，顯示潮間帶之塗裝及水中帶之陰極防蝕均已達到保護鋼板樁之效應。

3.3.4.3 鋼管樁之保護電位

鋼管樁之保護電位量測結果其最大值為 913 mV，最小值為 1051 mV，均在有效保護作用下。

3.3.5 台中港 30 號碼頭

3.3.5.1 目視檢測

本座碼頭鋼管樁並無發現孔蝕或破洞等嚴重之腐蝕現象。

3.3.5.2 鋼管樁腐蝕速率

以渦電流檢測方式進行鋼管樁厚度量測，選定碼頭起點第 5、7、9、11、13、14 排樁作為測樁(每排檢測樁代號自海側依序以 L1~L7 表示之)，檢測水深為 +4.5 m、+3.0 m、+1.0 m、-1.0 m、-3.0 m 及 -7.0 m 共 6 個深度測點。

圖 8 為各測樁之腐蝕速率與水深之關係，潮間帶及水中帶之腐蝕速率差異不大，腐蝕速率除少數測點接近 0.14 mm/yr 外，其餘多在 0.01~0.09 mm/yr 間，低於設計允許值，顯示潮間帶之塗裝及水中帶之陰極防蝕工法均可有效保護鋼板樁。

3.3.5.3 鋼管樁之保護電位

鋼板樁之保護電位最大值 981 mV，最小值為 1100 mV，均小於 850 mV (以 Cu/CuSO₄ 電極量測)，已達保護鋼板樁免於腐蝕之目的。

3.4 陽極塊調查

3.4.1 陽極塊電位

表 3 為陰極保護下之陽極塊電位量測結果，最大值為 967 mV，最小值為 1155 mV，由鋼板樁保護及陽極塊電位量測結果顯示，陽極塊能提供鋼材足夠之保護電位。

3.4.2 陽極塊外觀檢查及重量量測

表 4 為各檢測碼頭之陽極塊外觀檢查及重量量測結果。陽極塊表面均有著許多海生物，外觀仍然十分完整。除去有著海生物後，其表面反應產物明顯增多，反應產物主要為白色之氫氧化鋁 (Al(OH)₃)。除去反應產物後，有多處表面出現孔洞，形狀類似孔蝕。陽極塊現有尺寸與原有尺寸相較變化不大，除去有著海生物後之剩餘重量仍達原有重量之 70% 以上，如設計使用為二十年，以目前消耗情形推估，應可達保護設計年限。

4. 結論與建議

4.1 結論

各港區所調查之鋼板(管)樁，其腐蝕現況調查所得結論如下：

1. 海下之鋼板(管)樁表面外觀尚為良好，未發現較大之孔蝕或穿孔、破洞等狀況。
2. 花蓮港 5 號碼頭有數處之鋼板樁於海床附近部位，發現有開裂及彎曲現象，飛沫帶部位之鋼板樁於陸側(接觸背填土)面，鋼板樁表面銹蝕嚴重，導致多點位置有穿孔、破洞等情形。
3. 各港有施加犧牲陽極保護之鋼板樁，其保護電位均小於 -850mV(v.s.Cu/CuSO₄ 電極)，處於防蝕保

護狀態。

4. 無防蝕措施之花蓮港，有部份碼頭鋼板樁之厚度損失已接近 4.0 mm (原始設計最大損失允許值)，未來趨勢必須慎重關注。

4.2 建議

1. 花蓮港及基隆碼頭建造使用均已三、四十年，為確保碼頭結構安全與正常運作，應定期進行檢測與維護。對穿孔、破洞之鋼板樁，應儘速修護並採適當之防蝕措施，以免損害擴大。
2. 花蓮港之鋼板樁碼頭應全面施加防蝕保護措施。

久性研究第三年報告」，港灣技術研究所，81 研(十二)，1992。

3. 饒正、陳桂清、柯正龍，「基隆港碼頭鋼板樁檢測及其維護改善方案研究」，港灣技術研究所，港灣技術研究所專刊第 81 號，1993。
4. S. A. Bradford, in: "Corrosion Control", Van Nostrand Reinhold, New York, U.S.A., 1993.
5. 日本運輸省港灣技術研究所，「港灣構造物腐蝕評價手法」，港灣技術資料，No.501，p.11，1984。
6. 石黑健、白石基雄、海輪博之，in: "鋼板工法"，日本，山海堂，1982，第 571 頁。
7. M. G. Fontana, in: "Corrosion Engineering", 3rd ed., McGraw-Hill Book company, U.S.A., 1986.

參考文獻

1. 林維明、饒正，「基隆港碼頭鋼板樁腐蝕調查研究」，港灣技術研究所，港灣技術研究所專刊第 59 號，1990。
2. 陳桂清、饒正、柯正龍等，「港灣鋼構造物耐

收到日期：2003 年 7 月 25 日

修訂日期：2005 年 2 月 15 日

接受日期：2005 年 7 月 29 日

表1 海水中鋼構造物之防蝕保護電位標準。
Table 1 Standard protecting potential of steel structures in seawater.

防蝕電位	為考電極
-780 mV vs. SCE	飽和甘汞電極
-800 mV vs. Ag/AgCl/seawater	海水氯化銀電極
-750 mV vs. Ag/AgCl/sat'd KCl	飽和氯化銀電極
-850 mV vs. Cu/CuSO ₄	飽和硫酸銅電極

表2 鋼板(管)樁碼頭構造物背景資料。

Table 2 Fundamental design data of wharves of steel sheet /pipe piles.

構造物名稱	長度(m)	水深(m)	版樁型式	原始厚度(mm)	完工日期(年·月)	防蝕處理	防蝕完工日期(年)	調查日期(年·月)
花蓮港 5 號碼頭	160	8.5	Belvol-Z	凸凹：15.2 側：10.2	50	無	—	91.5
花蓮港 6 號碼頭	150	8.5	Z-25	凸凹：13.0 側：9.6	60	無	—	91.5
花蓮航道岸壁	527	9.5	PSP VL	24.3	67.7	無	—	90.7
基隆港西 21 號碼頭	160	8.5	Z-38	凸凹：17.2 側：11.4	50	無	80	91.6
基隆港西 22 號碼頭	160	8.5	Z-38	凸凹：17.2 側：11.4	50	無	80	91.6
蘇澳港駁船碼頭	338	-4.5	Z-14	凸凹：9.4 側：8.2	67.6	防蝕帶 犧牲陽極	82	91.7
蘇澳港 7 號碼頭	236	-13	鋼管樁	16	72.3	防蝕帶 犧牲陽極	67、82	91.7
台中港 30 號碼頭	236	-13	鋼管樁	12	84.7	防蝕帶 犧牲陽極	—	91.9

表3 陰極保護下之陽極塊電位值 ((mV) vs. Cu/CuSO₄)。Table 3 Sacrificed anode's potential ((mV) vs. Cu/CuSO₄).

碼頭編號	最大值	最小值
基隆港西 21 號碼頭	-1016	-1089
基隆港西 22 號碼頭	-967	-1047
蘇澳港駁船碼頭	-990	-1036
蘇澳港 7 號碼頭	-1084	-1155
台中港 30 號碼頭	-1036	-1118

表4 陽極塊之尺寸與重量消耗狀況。

Table 4 Dimension and weights consumption of sacrificed anodes.

碼頭編號	平均周長(cm)	原始重量(Kg)	剩餘重量(Kg)	消耗重量(Kg)	消耗速率(Kg/yr)
基隆港西 21 號碼頭	86 ~ 96	149.6	112.6 ~ 133.6	13.3 ~ 37.0	1.3 ~ 3.7
基隆港西 22 號碼頭	86 ~ 90	149.6	114.5 ~ 121.4	28.2 ~ 35.1	2.8 ~ 3.5
蘇澳港駁船碼頭	88 ~ 92	149.6	132.8 ~ 137.5	12.4 ~ 16.8	1.2 ~ 1.7
蘇澳港 7 號碼頭	91 ~ 97	149.6	119.5 ~ 145.7	3.8 ~ 30.0	1.4 ~ 3.0
台中港 30 號碼頭	88 ~ 96	137.6	122.6 ~ 129.4	8.2 ~ 15.0	1.2 ~ 2.1
	88 ~ 92	110.5	92.5 ~ 98.4	12.1 ~ 18.0	1.7 ~ 2.6

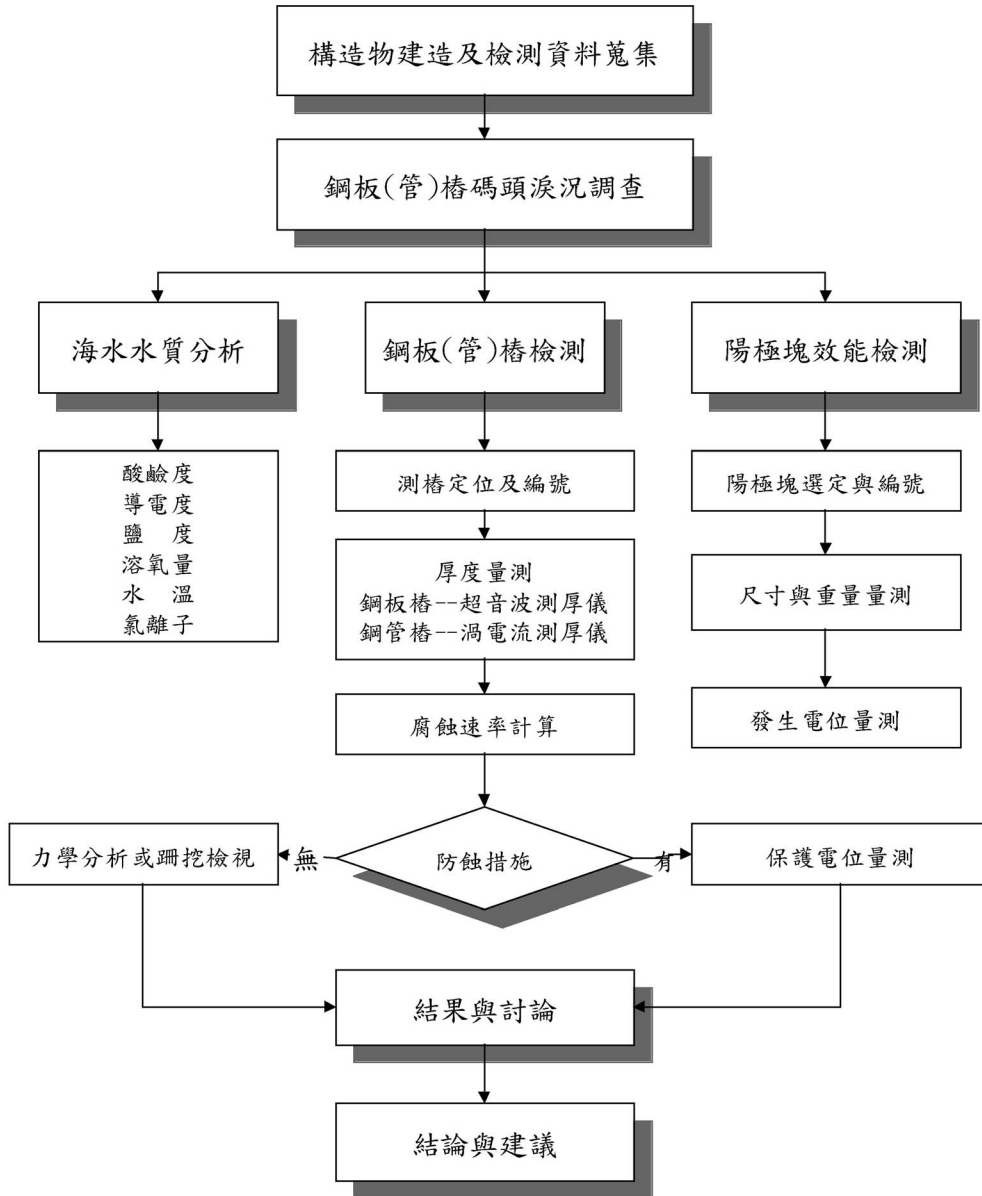


圖1 調查規劃流程圖。
Figure 1 Flow chart of surveying procedures.

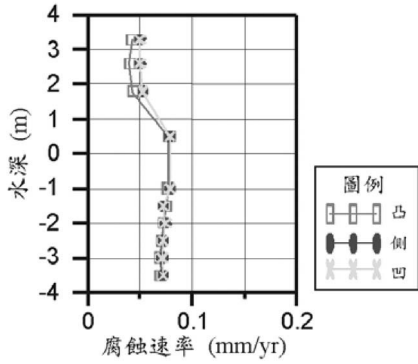


圖2 花蓮港 5 號碼頭鋼板樁腐蝕速率。
Figure 2 Corrosion rate of steel sheet piles at #5 of Hwa-Liang port.

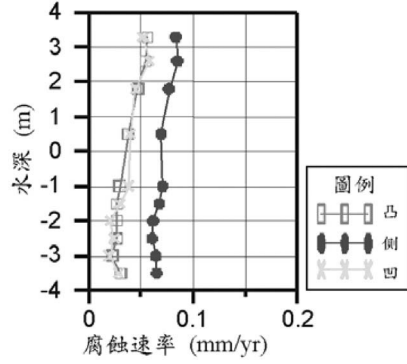


圖3 花蓮港 6 號碼頭鋼板樁腐蝕速率。
Figure 3 Corrosion rate of steel sheet piles at #6 of Hwa-Liang port.

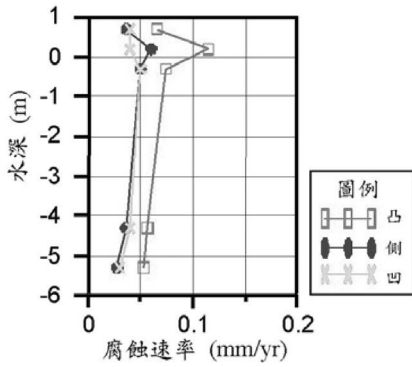


圖4 基隆港西 21 號碼頭鋼板樁腐蝕速率。
Figure 4 Corrosion rate of steel sheet piles at #W21 of Kee-Lung port.

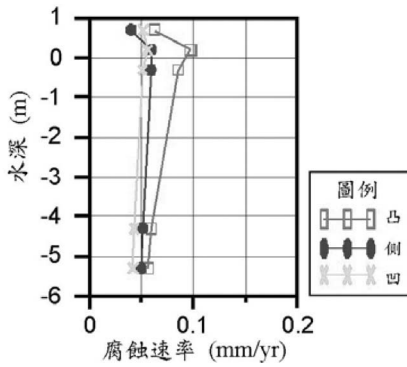


圖5 基隆港西 22 號碼頭鋼板樁腐蝕速率。
Figure 5 Corrosion rate of steel sheet piles at #W22 of Kee-Lung port.

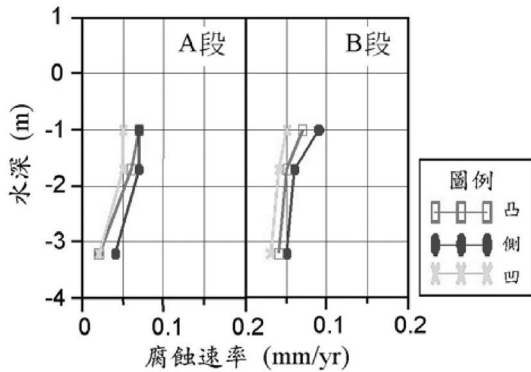


圖6 蘇澳港駁船號碼頭鋼板樁腐蝕速率。
Figure 6 Corrosion rate of steel sheet piles at barge wharf of Su-Ao port.

台灣地區鋼板(管) 樁碼頭腐蝕現況調查研究

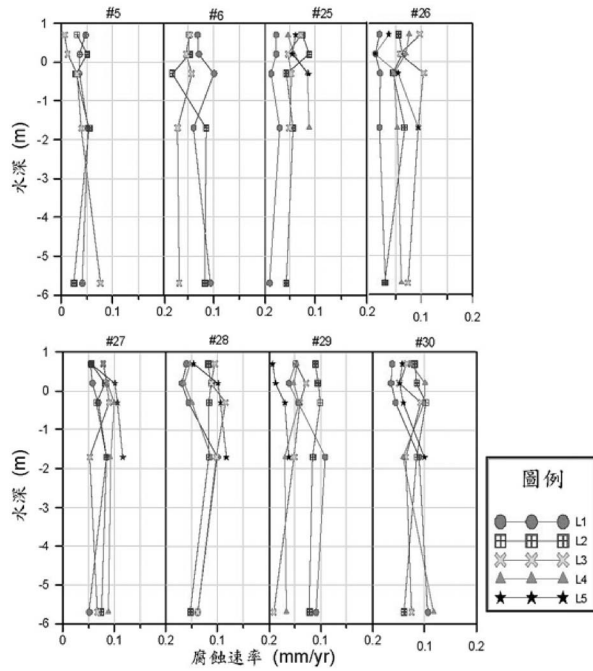


圖7 蘇澳港 7 號碼頭鋼板樁腐蝕速率。
Figure 7 Corrosion rate of steel pipe piles at #7 of Su-Ao port.

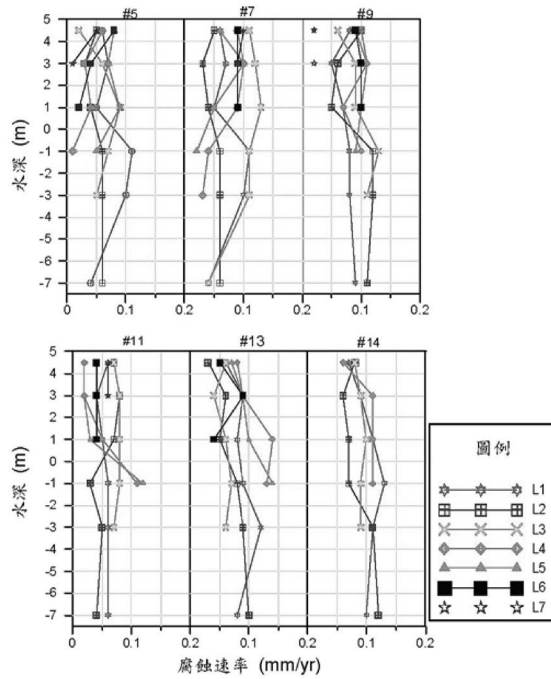


圖8 台中港 30 號碼頭鋼板樁腐蝕速率。
Figure 8 Corrosion rate of steel pipe piles at #30 of Tai-Chung port.

