109-015-7B62
MOTC-IOT-108-H1DA001c

108 年臺灣沿岸地區金屬材料腐蝕環境調查研究

交通部運輸研究所
中華民國 109 年 2 月

109-015-7B62
MOTC-IOT-108-H1DA001c

108 年臺灣沿岸地區金屬材料腐蝕環境調查研究

著　者：羅建明、黃宇謙

交通部運輸研究所
中華民國 109 年 2 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

臺灣沿岸地區金屬材料腐蝕環境調查研究. 108年 / 羅建明, 黃宇謙著. -- 初版. -- 臺北市 : 交通部運研所, 民109.02
面 ; 公分
ISBN 978-986-531-076-9(平裝)

1.港埠管理 2.管理資訊系統

557 108023089

108 年臺灣沿岸地區金屬材料腐蝕環境調查研究

著　　者：羅建明、黃宇謙
出版機關：交通部運輸研究所
地　　址：10548 臺北市敦化北路 240 號
網　　址：www.ihmt.gov.tw (中文版＞中心出版品)
電　　話：(04)26587110
出版年月：中華民國 109 年 2 月
印 刷 者：
版(刷)次冊數：初版一刷 60 冊
本書同時登載於交通部運輸研究所港灣技術研究中心網站
定　　價：200 元
展 售 處：
交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880
國家書店松江門市：10485 臺北市中山區松江路 209 號 1F•電話：(02) 25180207
五南文化廣場：40042 臺中市中山路 6 號•電話：(04)22260330

GPN：1010900130　　ISBN：978-986-531-076-9 (平裝)

109

108 年臺灣沿岸地區金屬材料腐蝕環境調查研究

交通部運輸研究所

GPN： 1010900130
定價 200 元

交通部運輸研究所自辦研究計畫出版品摘要表

<table>
<tr><td colspan="4">出版品名稱：108 年臺灣沿岸地區金屬材料腐蝕環境調查研究</td></tr>
<tr><td>國際標準書號
ISBN 978-986-531-076-9
(平裝)</td><td>政府出版品統一編號
1010900130</td><td>運輸研究所出版品編號
109-015-7B62</td><td>計畫編號
MOTC-IOT-
108-H1DA001c</td></tr>
<tr><td colspan="3">本所主辦單位：港灣技術研究中心
主管：蔡立宏
計畫主持人：羅建明
研究人員：黃宇謙
參與人員：陳亭廷、李春榮、何木火、王培源
聯絡電話：04-26587110
傳真號碼：04-26564418</td><td>研究期間
自 108 年 1 月
至 108 年 12 月</td></tr>
<tr><td colspan="4">關鍵詞：金屬腐蝕、腐蝕因子、腐蝕環境</td></tr>
<tr><td colspan="4">摘要：
臺灣地處亞熱帶，屬高溫、高濕、高鹽的海島型氣候，金屬構件甚易腐蝕。為此，有必要建置屬於本土的水下腐蝕環境資料及腐蝕因子資料庫，以利日後結構物於防蝕設計與維護管理的依據。本研究主要工作項目包括：1.完成各港2年期金屬材料水下腐蝕長期暴露試驗，2.建立水下腐蝕資料庫，3.調查數據分析比較，4.臺灣腐蝕環境資訊系統金屬材料水下腐蝕速率資料庫建置。
各港區金屬材料暴放2年後，不同位置腐蝕速率分析結果，飛沫帶碳鋼腐蝕速率介於309~743(μm/yr)，最大腐蝕速率發生於臺北港，低碳鋼腐蝕速率介於323~729 (μm/yr)，最大腐蝕速率發生於基隆港。潮汐帶碳鋼腐蝕速率介於170~425(μm/yr)，最大腐蝕速率發生於臺北港，低碳鋼腐蝕速率介於182~586(μm/yr)，最大腐蝕速率發生於基隆港。水中帶碳鋼腐蝕速率介於160~334(μm/yr)，最大腐蝕速率發生於基隆港，低碳鋼腐蝕速率介於118~502(μm/yr)，最大腐蝕速率也發生於基隆港。
不同金屬材料水下腐蝕速率分析，第2年試驗結果，碳鋼金屬(SM490)最大腐蝕速率飛沫帶發生於臺北港 743(μm/yr)，潮汐帶於臺北港 425(μm/yr)，水中帶於基隆港 334(μm/yr)。低碳鋼第2年最大腐蝕速率飛沫帶於臺北港 729(μm/yr)，潮汐帶於於基隆港586(μm/yr)，水中帶於基隆港502 (μm/yr)。
研究成果效益及應用:
提供工務單位瞭解構造物所處之腐蝕環境趨勢，可提供臺灣港務公司、中華民國防蝕工程學會、經濟部工業局、台塑企業、中國鋼鐵公司、工程顧問公司等產官學界參考應用。</td></tr>
</table>

出版日期	頁數	定價	本 出 版 品 取 得 方 式
109 年 2 月	194	200	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。

機密等級：

□密□機密 □極機密 □絕對機密

（解密條件：□　年　月　日解密，□公布後解密，□附件抽存後解密，

□工作完成或會議終了時解密，□另行檢討後辦理解密）

■普通

備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。

PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS
INSTITUTE OF TRANSPORTATION
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS

TITLE: Investigation on Corrosive Environment of Metal Materials in Coastal Areas of Taiwan in 2019

ISBN(OR ISSN)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER	IOT SERIAL NUMBER	PROJECT NUMBER
978-986-531-076-9(pbk.)	1010900130	109-015-7B62	MOTC-IOT-108-H1DA001c

DIVISION: Harbor & Marine Technology Center
DIVISION DIRECTOR: Tsai Li-Hung
PRINCIPAL INVESTIGATOR: Lo Chien-Ming
RESERACH FELLOW: Huang Yu-Qian
PROJECT STAFF: Chen Ting-Ting, Li Chun-Rong, Ho Mu-Huo, Wang Pei-Yuan
PHONE: 04-26587110
FAX: 04-26564418

PROJECT PERIOD
FROM January 2019
TO December 2019

KEYWORDS: Metal Corrosion, Corrosion Factor, Corrosive Environment

Abstract:

Taiwan belongs to the subtropical zone which has island climate characteristics of high-temperature, high humidity, and high salinity, where in the metal components corrode easily. For this reason, establishing a database of local underwater corrosion environmental data and corrosion factors is required in order to facilitate the basis for future corrosion protection design and maintenance management of structures. The major work items of this research include: 1. completing the 2-year term underwater corrosion test of metal materials in each port; 2. establishing a database of underwater corrosion; 3. analyzing and comparing survey data; 4. establishing a database of underwater corrosion rate for metal materials in Taiwan Corrosion Environment Information System.

After two years of exposure of the metal materials in each port area, the analysis results showed that the corrosion rate in different locations for the splash zone corrosion rate of carbon steel ranged from 309 to 743 (μm / yr). The maximum corrosion rate occurred at the Taipei Port, and the corrosion rate of low carbon steel was between 323 and 729 (μm / yr), the maximum corrosion rate occurred at the Port of Keelung. The corrosion rate of carbon steel in the tidal zone was between 170 and 425 (μm / yr), the maximum corrosion rate occurred in Taipei Port, the corrosion rate of low carbon steel was between 182 and 586 (μm / yr), and the maximum corrosion rate occurred in Keelung Port. The corrosion rate of carbon steel in water zone ranged from 160 to 334 (μm / yr). The maximum corrosion rate occurred at the Port of Keelung. The corrosion rate of low carbon steel ranged from 118 to 502 (μm / yr). The maximum corrosion rate occurred at the Port of Keelung as well.

As for the analysis of underwater corrosion rate of different metal materials, the second year test results showed that the maximum corrosion rate of the carbon steel metal (SM490) in the splash zone occurred at Taipei Port, which was 743 (μm / yr) and the tidal zone 425 (μm / yr) occurred at Taipei Port. The water zone 334 (μm / yr) occurred at Keelung Port. In the second year, the maximum corrosion rate of low carbon steel in the splash zone occurred at Taipei Port, which was 729 (μm / yr), tidal zone 586 (μm / yr) was at Keelung Port, and the water zone 502 (μm / yr) occurred at Keelung Port.

Benefits and Applications:

It enables the engineering units to understand the trend of corrosive environment where structures are located, providing Taiwan International Ports Corporation, Ltd., Civil Engineering Anti-corrosion Society, Industrial Development Bureau of Ministry of Economic Affairs, Formosa Plastics Group, China Steel and Engineering Consultant Companies with reference applications for industry, government, and academia.

DATE OF PUBLICATION	NUMBER OF PAGES	PRICE	CLASSIFICATION
Feb 2020	194	200	☐RESTRICTED ☐CONFIDENTIAL ☐SECRET ☐TOP SECRET ■UNCLASSIFIED

臺灣沿岸地區金屬材料腐蝕環境調查研究

目 錄

表 目 錄

圖 目 錄

第一章　前 言

1.1 研究目的

本研究主要目的為進行臺灣沿岸地區金屬材料在海水下腐蝕因子之調查試驗研究，建立完整的腐蝕因子資料庫，完成臺灣水下金屬腐蝕資料庫建置，以利日後新建或辦理既有結構物金屬材料之防蝕設計與維護管理的依據。

1.2 金屬材料於水下腐蝕重要性

臺灣為四面環海，沿海除了有海港碼頭、防波堤等港工設施外，鑽油平台、跨海大橋等皆處於海洋環境中。而一遇颱風來襲則造成重大損失，如民國 83 年提姆、道格颱風過境，造成花蓮港、蘇澳港、龍洞遊艇港及高雄港等，多處港灣設施發生破損、沈陷等重大損害。顯示出相當部分的港工設施，已面臨或提早到達設計之年限，究其原因，各港工結構面臨險惡之海洋環境而被腐蝕、侵襲，造成材料之彈性疲乏，強度損失，以致使用年限大為縮短應為重要因素之一。

港工結構所使用的材料，除了石料之外、主要為鋼構材料及混凝土或鋼筋混凝土材料為主。其中鋼構材料如鋼板樁、鋼管樁及鋼纜等各型鋼料，材質均有不同。其腐蝕之現象，由於在不同海域環境、季節、深度會產生不同腐蝕速率。根據本所過去所做相關研究報告中，在臺灣各大港口中，使用鋼構材料的碼頭大多為鋼版樁式。發現其鋼版樁有嚴重破損、穿孔之腐蝕現象，以致部分碼頭壁後砂石掏空，岸肩沈陷，嚴重影碼頭之結構安全。如蘇澳港之駁船碼頭，鋼板樁年腐蝕率超過 0.2mm/yr，其他各港口亦有類似現象。隨著時空、氣候變遷，為達到結構物耐久性與防蝕設計須求，若仍引用過時且不完整之調查數據，對結構物之耐久性與腐蝕速率的估算恐會產生過與不及的虞慮；臺灣近 10 年來並無任何單位進行完整性全島區域之水下腐蝕因子之調查與研究，爰此，本研究將彙整歷年相關研究成果，規劃辦理港區水下環境腐蝕因子及金屬材料水下長期暴放試驗與資料庫建置計

畫，作為新建與既有結構物耐久性與防蝕設計及維護管理之參考。

1.3 國內水下腐蝕研究概況

自 1986 年第 3 屆全國科技會議之決議，將腐蝕防蝕工程技術之研究列為國家重點科技，並整體規劃國內相關技術研究能力，以達到更有效處理國內所遭遇到之問題，爰此，本所港灣技術研究中心與工業技術研究院工材所、中國鋼鐵公司及中華民國防蝕工程學會等單位，自 1986 年 7 月至 1991 年 6 月共同合作研究臺灣海域腐蝕特性防蝕設計材料選用及開發特性[1]，各發揮所長共同尋求有效發展防蝕材料與方法。在海洋結構物與鋼筋混凝土材料於各海域腐蝕特性研究，陰極防蝕工程開發設計、防蝕塗料材料、表面被覆構件之腐蝕偵測技術及各種金屬如碳鋼、不銹鋼、鋁合金等水下腐蝕速率比較，並邀請相關國內外學者專家來講述防蝕技術及推廣教育工作並協調相關單位，擬定長期合作計畫。另外自 1986 年 7 月至 1991 年 6 月，提供港灣 R.C 結構物之耐久性[2-3]設計與施工規範，提出港灣鋼筋混凝土結構物耐久性研究計畫，並對各港之 RC 結構物之腐蝕特性作一通盤性之了解，並提供防蝕對策作爲維修參考。於 1988 年進行澎湖跨海大橋腐蝕問題研究調查[4]，剖析跨海大橋腐蝕原因，建立腐蝕調查及研究之邏輯，以澎湖跨海大橋中間段路堤在改建工程未完工前，原橋樑應作修補工作之建議並提供新建工程防蝕對策。提供國內交通橋樑及主要公共措施定期腐蝕調查與安全評估偵測之參考。從早期的調查研究發現，各港口鋼板樁碼頭腐蝕況狀差異極大，因此於 1989 年 7 月至 1994 年 6 月進行港灣鋼結構物耐久性研究[5-8]，了解港灣鋼結構物能在設計使用年限內安全發揮功能，建立定期檢查制度及優先考慮裝設適當之防蝕措施。通盤了解及建立現有各港口鋼結構物耐久性之完整資料，以利日後新建鋼結構或維修現有鋼結構物之規範。但由於海洋結構物修葺較為困難，且效果不彰，經常需再重覆施作，浪費人力、物力，於 1992 年 7 月至 1993 年 6 月進行港灣鋼筋混凝土結構物修理系統評估研究[9]，各大港口鋼筋混凝土結構物之現況作一調查，並對其修理方法作一通盤瞭解並檢討優劣點。在 1995 年 6 月至 1996 年 7 月港灣構造物腐蝕機

理與維修防制之研究[10]，為延續港灣鋼結構物之耐久性研究，進行高雄港與基隆港之鋼板(管)樁腐蝕調查，探討水文及污損生物對陰極保護、防污塗料、混凝土、不銹鋼、裸鋼等材料腐蝕之影響。1996 年 6 月至 2001 年 7 月現有結構物安全評估及維護研究[11-17]，調查基隆港、蘇澳港、高雄港區內港工結構材料之海生物附著種類，並檢討其對港灣常用材料如碳鋼及混凝土等之腐蝕及海生物附著影響，以及探討添加飛灰之混凝土與安裝犧牲陽極材料對於防制海生物附著或材料腐蝕之效果。計畫中建立 R.C.結構物劣化非破壞性檢測技術、電化學維修技術工法、港區內水文與海生物附著對結構體(鋼構物)腐蝕之相互關係，並制定完成港灣結構物陰極防蝕準則草案之訂定(R.C.結構物部份)，研擬完善之維護制度，提供各港務單位使用。2001 年 1 月至 2001 年 12 月碼頭鋼板樁現況調查與腐蝕防治研究[18]，進行基隆、花蓮、臺中、高雄、蘇澳等五大港口之碼頭鋼板（管）樁調查，藉由對碼頭鋼板（管）樁腐蝕現況之長期監測，得以提供相關之本土資訊，作為設計及維護參考，並整理歸納影響鋼板（管）樁腐蝕之因子探討適用於本島碼頭鋼板（管）樁腐蝕防治方法。

臺灣近 10 年來並無單位針對金屬材料水下腐蝕因子進行調查與研究，參考本所歷年腐蝕相關研究，為建立臺灣地區長期金屬材料水下腐蝕資料庫，作為新建及既有結構物耐久性與防蝕設計及維護管理之參考應用，本所於 2015 年起執行金屬材料水下腐蝕環境調查研究，陸續於臺中港、金門水頭與料羅港區、基隆港、蘇澳港、花蓮港、高雄港、安平港、布袋港、馬祖福澳港、澎湖龍門尖山港等國內商港安裝水下試驗架，期能藉此了解在不同環境下金屬材料、附著性海洋生物、海水水質等對港區金屬材料腐蝕影響之 10 年長期暴露研究。在 2017 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查研究(1/4)[21]逐步進行第一年水下金屬暴露試驗片取樣及金屬腐蝕速率化學分析試驗作業。

國內相關水下金屬材料腐蝕歷年相關研究之研究歷程主題與內容如摘述表 1-1 所示。

表 1-1 臺灣地區水下腐蝕試驗相關研究歷程

研究單位	研究主題	內容說明	研究期間
1. 臺灣省政府交通處港灣技術研究所 2. 中國鋼鐵公司 3. 工業技術研究所工材所	臺灣海域腐蝕特性防蝕設計材料選用及開發特性[1][2]	本研究主要探討海洋結構物與鋼筋混凝土材料於各海域腐蝕特性，開發設計陰極防蝕工法、防蝕塗料材料、表面被覆構件腐蝕偵測技術及比較各種金屬〈如碳鋼、不銹鋼、鋁合金等〉水下腐蝕速率，並邀請國內外專家學者來講述防蝕技術及推廣教育工作，並協調各施工單位，擬定長期合作計畫。	1986.07-1991.06
臺灣省政府交通處港灣技術研究所	港灣 R.C 結構物之耐久性研究[3]	針對港灣 R.C 結構物耐久性研擬設計與施工規範，提出港灣鋼筋混凝土結構物耐久性研究計劃，並對各港之 RC 結構物之腐蝕特性作一通盤性之了解。	1986.07-1991.06
臺灣省政府交通處港灣技術研究所	澎湖跨海大橋腐蝕問題研究調查[4]	1986 年中美聯合防蝕研討會會議結論中指出我國交通橋樑及主要公共設施，應定期舉行腐蝕調查及安全性評估。會後行政院科技顧問組即指示針對澎湖跨海大橋進行初步調查研究。	1987.01-1987.12
臺灣省政府交通處港灣技術研究所	港灣鋼結構物耐久性研究[5] [6] [7] [8]	1. 了解港灣鋼結構物能在設計使用年限內安全發揮功能，建立定期檢查制度及優先考慮裝設適當之防蝕措施。 2. 建立現有各港口鋼結構物耐久性之完整資料，以利日後新建鋼結構或維修現有鋼結構物之規範。	1989.07-1994.06

研究單位	研究主題	內容說明	研究期間
臺灣省政府交通處港灣技術研究所	港灣R.C結構物修理系統評估研究[9]	各大港口 R.C 結構物之現況作一調查，並對其修理方法通盤瞭解並檢討優劣點。	1992.07-1993.06
1. 臺灣省政府交通處港灣技術研究所 2. 海洋大學	港灣構造物腐蝕機理與維修防制之研究[10]	延續港灣鋼結構物之耐久性研究進行高雄港與基隆港之鋼板(管)樁腐蝕調查，探討水文及污損生物對陰極保護、防污塗料、混凝土、不銹鋼、裸鋼等材料腐蝕之影響。	1995.06-1996.07
臺灣省政府交通處港灣技術研究所	水文及污損生物對材料腐蝕之探討研究[15]	本研究於基隆港碼頭擺放試架，觀察附著性海生物種類，探討材料（Alsl1015 碳鋼、Alsl304 不銹鋼，防止海生物附著油漆塗料，犧牲陽極）置於不同水深，水文及污損生物之關係。	1995.01-1995.12
臺灣省政府交通處港灣技術研究所	現有結構物安全評估及維護研究[11] [12] [13] [14]	調查基隆港、蘇澳港、高雄港區內港工結構材料之海生物附著種類，並檢討其對港灣常用材料如碳鋼及混凝土等之腐蝕及海生物附著影響，以及探討添加飛灰之混凝土與安裝犧牲陽極材料對於防制海生物附著或材料腐蝕之效果。計畫中建立 R.C.結構物劣化非破壞性檢測技術、電化學維修工法、港區內水文、海生物附著對結構體(鋼構物)腐蝕之相互關係，並完成制定港灣結構物陰極防蝕準則草案，提供各港務單位使用。	1996.06-2001.07

研究單位	研究主題	內容說明	研究期間
1. 交通部運研所港灣技術研究中心 2. 中山大學	高雄港港工結構材腐蝕與海生物附著研究[17]	調查高雄港區內港工結構材料之海生物附著種類，檢討其對港灣常用材料如碳鋼及混凝土等之腐蝕及附著影響，探討添加飛灰混凝土與安裝犧牲陽極材料對於防制海生物附著或材料腐蝕之效果。	2000.01-2000.12
交通部運研所港灣技術研究中心	碼頭鋼板樁現況調查與腐蝕防治研究[18]	進行基隆、花蓮、臺中、高雄、蘇澳等五大港口之碼頭鋼板（管）樁調查，藉由對碼頭鋼板（管）樁腐蝕現況之長期監測，提供相關之本土資訊，作為設計及維護參考，並整理歸納影響鋼板（管）樁腐蝕之因子探討適用於本島碼頭鋼板（管）樁腐蝕防治方法。	2001.01-2001.12
交通部運研所港灣技術研究中心	1. 金屬材料腐蝕環境調查研究(1/2) [19] 2. 金屬材料水下腐蝕調查研究(2/2) [20]	建立臺灣地區長期金屬材料水下腐蝕資料庫，作為新建及既有結構物耐久性與防蝕設計及維護管理之參考需要，安裝水下金屬暴露試驗架於基隆港、蘇澳港、花蓮港、臺中港、高雄港、安平港、布袋港、馬祖福澳港、金門水頭與料羅港區、澎湖龍門尖山港等國內商港，藉此了解在不同環境、金屬材料、海洋生物附著、海水水質等對港區金屬材料腐蝕之長期研究。	2015.01-2016.12
交通部運研所港灣技術研究中心	臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查研究(1/4) [21]	進行基隆港、蘇澳港、花蓮港、臺中港、高雄港、安平港、布袋港、馬祖福澳港、金門水頭與料羅港區、澎湖龍門港等國內商港水下試驗架試片第 1 年取樣作業及水質化學試驗相關分析。	2017.01-2018.12

研究單位	研究主題	內容說明	研究期間
交通部運研所港灣技術研究中心	108 年臺灣沿岸地區金屬材料腐蝕環境調查研究	進行基隆港、蘇澳港、花蓮港、臺中港、高雄港、安平港、布袋港、馬祖福澳港、金門水頭與料羅港區、澎湖龍門港等國內商港水下試驗架試片第 2 年取樣作業及水質化學試驗相關分析。	2019.01-2019.12

1.4 計畫工作項目

1. 國內外金屬材料水下腐蝕文獻蒐集整理分析。

2. 水下腐蝕因子調查項目：

包括海水成分中導電度、溶氧量、酸鹼度、溫度、氯鹽、硫酸鹽之水質環境因子等項目調查。

3. 試驗期程:

金屬材料將於第 1 年、第 2 年、第 5 年、第 8 年、第 10 年期程進行暴露試驗。

4. 金屬材料暴放試驗場址：

針對港灣工程結構金屬材料，碳鋼(SM490A)、不鏽鋼(SS316L)、低碳鋼(SS400)三種金屬，選擇臺灣各商港碼頭，於飛沫帶、潮汐帶、水中帶三個位置進行現地暴露試驗，自 2015 年起已陸續完成建置臺北港、基隆港、蘇澳港、花蓮港、臺中港、安平港、布袋港、高雄港 10 號碼頭、高雄港 40 號碼頭、高雄港 75 號碼頭、馬祖福澳港、金門水頭與料羅港區、澎湖龍門港等國內商港水下試驗架與試片安裝，共建置 14 個試驗點(如圖 1.1 所示)。

5. 水質調查與分析：

於基隆港、臺北港、蘇澳港、花蓮港、臺中港、布袋港、安平港、高雄港、馬祖福澳港、金門水頭與料羅港區、澎湖龍門港等商港碼頭進行每季海水水質量測海水成分中導電度、溶氧量、酸鹼度、溫度、氯鹽、硫酸鹽之水質環境因子等項目試驗分析工作，藉以了解金屬腐蝕、季節與區域之關聯性。

6. 研究成果：

本研究為長期暴露試驗，今年已完成 2 年期基隆港、花蓮港、

蘇澳港、臺中港、安平港、布袋港、高雄港、金門水頭與料羅、馬祖福澳港、澎湖龍門港等各港水下金屬材料腐蝕速率分析及各試驗站所調查每季水質分析，今歸納數據整理繪製比較圖，建置於臺灣腐蝕環境分類資訊系統水下腐蝕速率資料庫。

1.5 預期效益及其應用

1. 藉由臺灣沿岸金屬材料腐蝕速率與海水腐蝕因子之調查與試驗，建立於「臺灣腐蝕環境分類資訊系統」，提供產官學研各界辦理構造物耐久性與防蝕設計之參據。
2. 藉由第 2 年期金屬材料水下長期暴露試驗成果，繪製不同港工金屬結構材於各港之腐蝕趨勢變化圖，瞭解國內金屬材料水下腐蝕與環境因子之關聯性。
3. 研究成果可提供本所相關研究及研擬臺灣地區防蝕手冊參考應用。

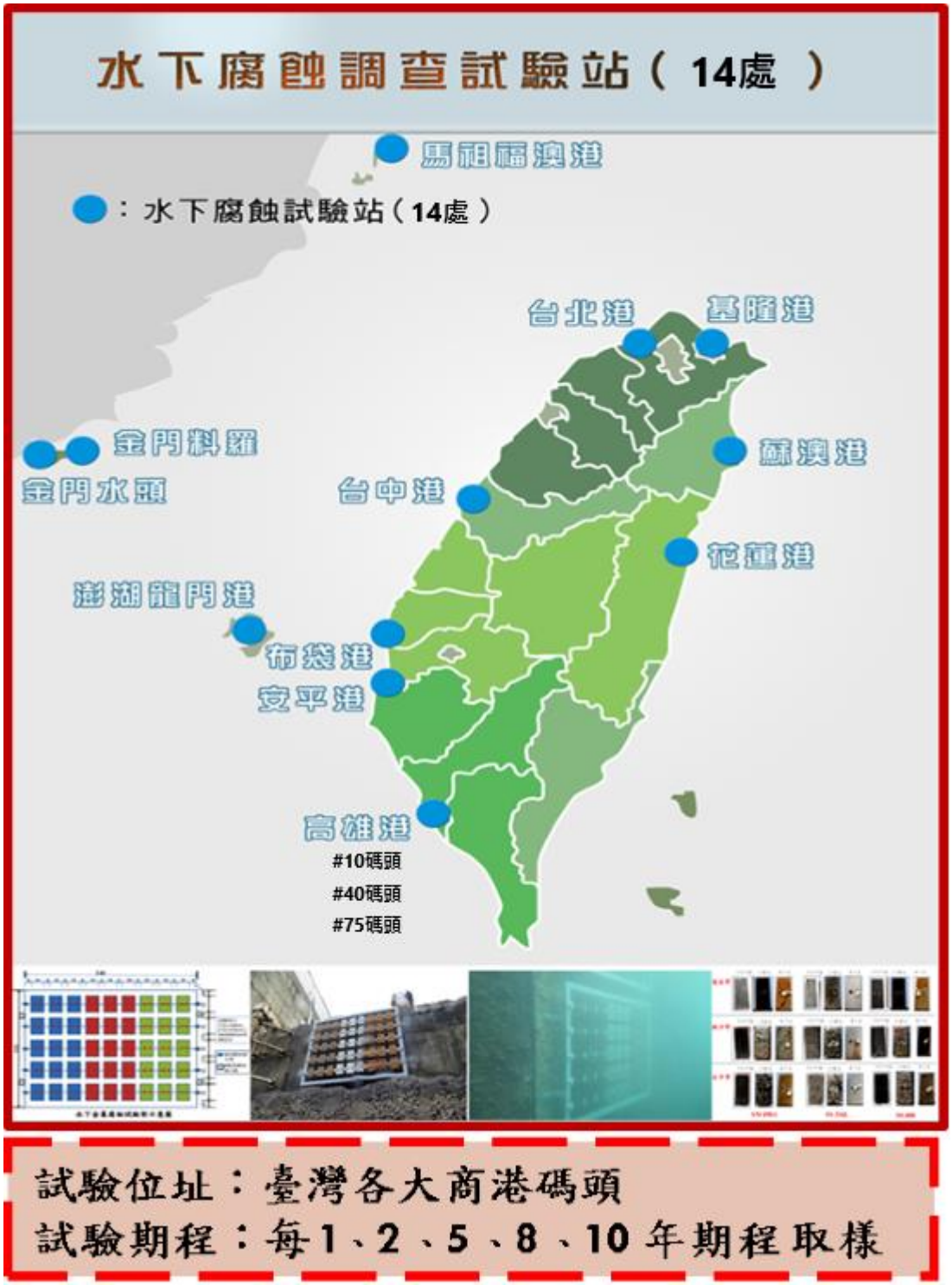


圖 1.1 金屬材料水下腐蝕調查試驗站

第二章 文獻回顧

2.1 鋼材在海水之腐蝕

2.1.1 鋼材之腐蝕機理

金屬發生腐蝕為一自然的反應程序，大多數的金屬材料暴露於宇宙大氣環境下，都會自然發生物質退化，逐漸被腐蝕的現象，尤其是在酸、鹼或海水等環境下，腐蝕更趨嚴重。腐蝕是電化學反應之行為，其間涉及電子的轉移，如金屬由原子狀態因放出電子而變成金屬離子，或金屬離子因獲得電子而成為金屬，因而構成氧化(陽極)及還原(陰極)反應之發生。因此，任何腐蝕的發生，必須具有陽極反應和陰極反應以及能使電子或離子流動轉移之導電途徑(亦即電解質)，形成一封閉的導電迴路，如圖 2.1 所示。

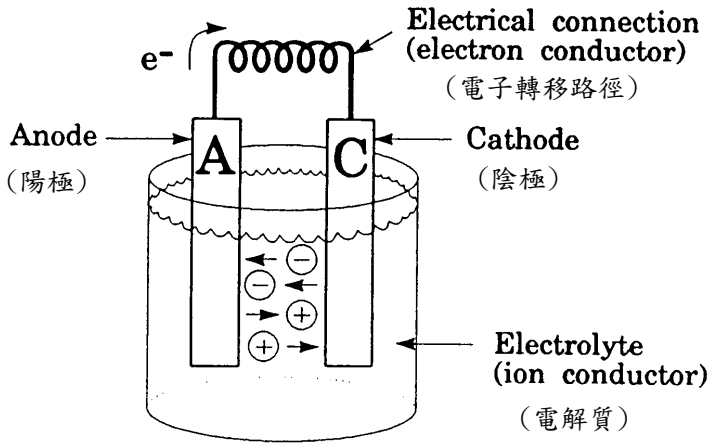


圖 2.1 水溶液系統之腐蝕程序示意圖[22]

海水中之鋼材如鋼板樁之表面，因同時具有許多高活性區域(陽極反應)與鈍化區域(陰極反應)所形成之許多小腐蝕電池(corrosion cell)系統，導致鋼材發生表面腐蝕現象。鋼材在海水中發生腐蝕之電化學反應程序如下：

陽　極：$Fe \rightarrow Fe^{+2} + 2e^{-}$

陰　極：$H_2O + ½O_2 + 2e^- \rightarrow 2OH^-$

總反應：$Fe + H_2O + ½O_2 \rightarrow Fe(OH)_2$

總反應式中之 $Fe(OH)_2$ 繼續反應，生成 $Fe(OH)_3$ 或 $Fe_3O_4 \cdot H_2O$ 產物，其化學反應式如下：

$$4Fe(OH)_2 + 2H_2O + O_2 \rightarrow 4Fe(OH)_3 \quad (紅銹)$$

或

$$3Fe(OH)_2 + H_2O + 1/2O_2 \rightarrow Fe_3O_4 \cdot 4H_2O \quad (黑銹)$$

2.2 影響鋼板樁腐蝕之因子

2.2.1 暴露區域

從許多調查研究發現，由於彼此接觸(暴露)環境不同，海洋結構物腐蝕的部位及速率有很明顯的差異，其腐蝕形態不同。因此為方便區分與探討，特將海洋環境區分成五個暴露區域，各區域與腐蝕速率之關係如圖 2.2 所示。

1. 大氣帶

這部份之鋼結構物不接觸海水，表面完全暴露接觸大氣中之各種介質，諸如氣體、日照……等大自然介質，由於海洋大氣中含有較高濃度之海鹽粒子，加上濕度大、日照、溫度之變化，致使碳鋼材料外表很容易受到侵蝕，其腐蝕速率為一般內陸地區大氣腐蝕的 2~5 倍。

2. 飛沫帶

自平均高潮位以上至海面大氣帶下端，屬於海洋大氣與海水交界面，鋼板樁暴露於此範圍內時，由於不斷反覆地受到海浪的潑濺以及日曬乾燥，產生乾濕循環作用，致使附著鋼材表面之鹽份及氧氣濃度不斷增濃，腐蝕最為嚴重，腐蝕速率很大，為五個暴露區域

中，腐蝕最嚴重的部位。一般低碳鋼如沒有任何防蝕處理時，其腐蝕速率可達 0.5~1.0mm/yr.，約為海中帶 (海水全浸區)的 5~10 倍。

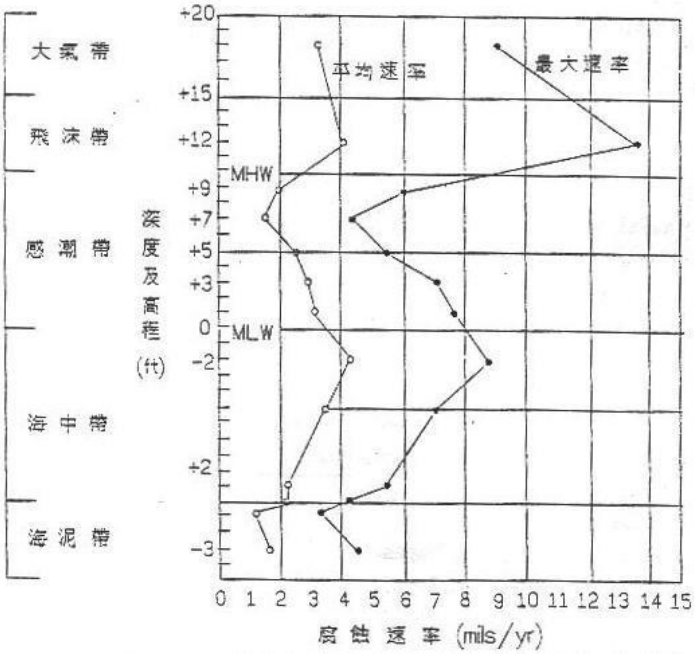


圖 2.2 鋼板樁暴露區域與腐蝕速率之關係[23]

3. 感潮(潮汐)帶

此區域介於高低潮位之間，由於受到海水漲退潮之變化，鋼板樁表面週期性的接觸海水浸泡及暴露於大氣中，猶如進行乾濕循環作用。由於空氣與海水波浪之交夾作用，致使海水中之溶氧濃度高，因而在感潮帶下方緊鄰海中帶之部份，恰可形成一個氧氣濃淡電池作用之現象。因此溶氧量高之感潮帶中之鋼板，可視為一陰極反應面積，腐蝕速率低，而低潮位下約 1 米處(亦即海中帶部份)，因溶氧量低，故可將海中帶內之鋼板當成陽極反應部位，因此腐蝕量較大。由於受到氧氣濃淡電池作用，感潮帶中之腐蝕速率為五個暴露區域中最低者。

4. 水中帶

自低潮位下端至海泥(床)帶間，在此範圍內整個結構體完全浸泡於海水中。此區域之上端邊緣與最低潮位緊鄰的部位，因氧氣濃

淡電池之作用，暴露於水中帶之鋼板可視為一陽極反應區域，因此水中帶上端部位之鋼板腐蝕速率很大，極需做適當的防蝕保護措施。在此區域中，海生物之附著、海流之沖擊、水溫及溶氧量等因素，亦會影響腐蝕速率。海水中鋼鐵之腐蝕速率一般為 0.1~0.2mm/yr.。

5. 海泥(床)帶

鋼板(管)樁埋入於海底土層之部份，由於與海水接觸面較小，鋼材之腐蝕速率相對很小。但是在污染的海域中，如有硫化氫(H_2S)或海泥中有硫酸還原細菌存在的話，則鋼材的腐蝕性會增加，腐蝕速率變大。

2.2.2 海水的性質

海水是一個極複雜的水溶液，為大自然環境下一個包容性非常大的緩衝溶液，碼頭鋼板(管)樁絕大部份(約 80%)都浸泡於海水溶液下，其間金屬材料發生腐蝕之變化很大，因此有關海水之化性、物性及相關影響因素都必須深入探討之。

1. 含鹽量

海水與其它水溶液最大的不同點，即海水含有很高的鹽份(以氯離子濃度或鹽度表示之)，亦是鋼鐵材料最易發生電化學腐蝕反應之環境。在廣闊的大海中，海水中大約含有 3.5%(重量百分比)之氯化鈉(NaCl)或鹽度(Salinity)約介於 32～36 之間。在封閉的海灣水域，由於蒸發作用致使海水鹽度較高，例如紅海其鹽度約為 41，而在有河川流入之海口附近，因受陸地淡水溪流之稀釋，則鹽度較低。

海水中之氯離子能穿透破壞鋼鐵表面之鈍化性質或阻止鈍態保護膜之生成，因而使鋼鐵表面發生腐蝕。據美國海軍研究人員 Reinhart 在太平洋海域所做試驗發現，海水含鹽量之多寡與溶氧量、pH 值、溫度、水深等均有相互關係，如圖 2.3 所示。

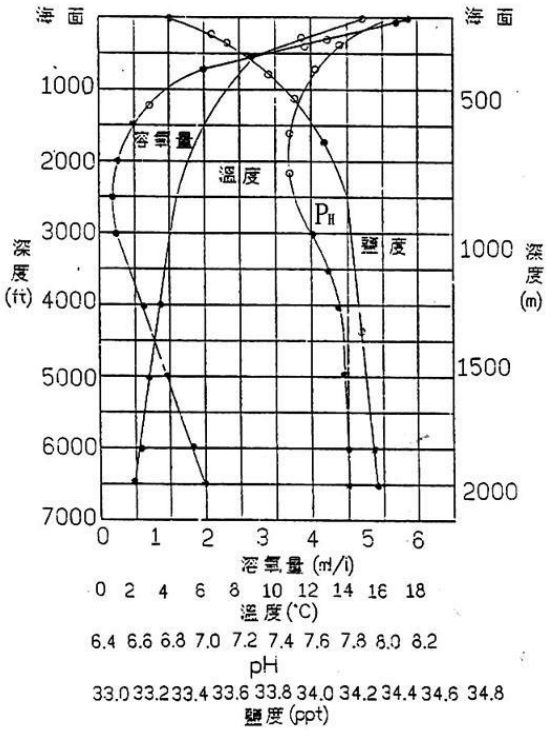


圖 2.3 海水之含鹽量與溶氧量、pH 值、溫度、水深之關係[24]

2. 溫度

海水之表面溫度，通常受到地球上緯度之影響而有所變化。其變化範圍從極地-2℃至赤道 35℃之間。溫度之變化，對海水之化性、物性及海洋（微）生物滋長等都有相當密切關係。因此從金屬材料腐蝕反應觀點下，海水溫度之變化就變成一個極複雜的變數。一般而言，溫度是影響動力學上之反應速率及質量傳送。在動力學理論控制下，溫度每上昇 10˚K，腐蝕速率則增加一倍。當海水溫度升高時，致使鋼材變成為較不貴重電位之金屬，此時鋼材之腐蝕電位開始移向電位更負之方向，亦即鋼材更容易進行腐蝕反應。港灣結構物等開放系統，隨溫度上升，溶氧量減少，鋼鐵之腐蝕速率變大，而如海水管線等密閉系統，雖然沒有溶氧量減少之發生，腐蝕速率仍隨溫度之上升而遞增。

3. pH 值

海水通常為一含鹼性之水溶液，海水之 pH 值是表示海水中多種基本離子與大氣層中之二氧化碳(CO_2)進入海水之量，達成平衡狀況之數值。一般海水之 pH 值正常情況下是介於 8.1 至 8.3 之間。但在停滯不流動之港灣海域中或是海水中之有機物體分解，一方面消耗海水中之溶氧量，一方面受到厭氧細菌作用產生大量之 H_2S 下，亦可能使海水變成較酸性，海水之 pH 值降低至 7.0 以下。但在較接近海水表面之部位，當海水中之植物進行光合作用時，將會消耗海水中之 CO_2 量，此時海水之 pH 值可能增高而超過 9.0 以上。又 pH 值之變化隨著海水之深度、溫度、溶氧量…等因素之不同而異，如圖 2.4 所示[25]。

一般金屬材料在水溶液之腐蝕反應速率與 pH 值有密切關係[17]，但是當 pH 值介於 4～10 之間時，金屬維持一定腐蝕速率如圖 2.6 所示，而僅與氧氣擴散至金屬表面之速率有關。

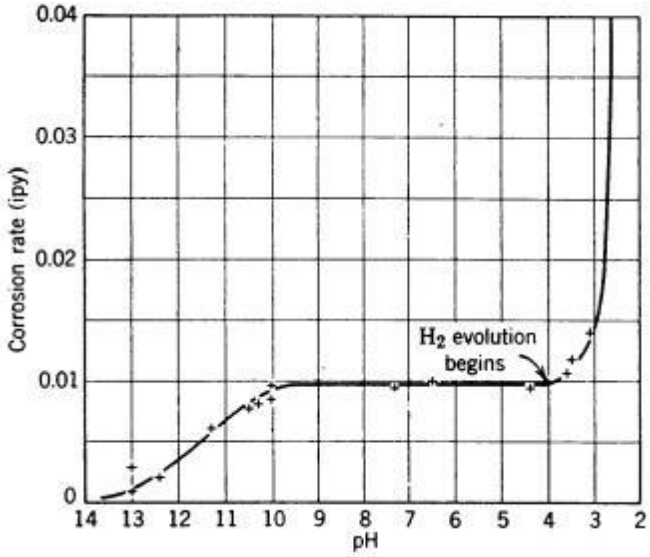


圖 2.4 鋼材腐蝕速率與 pH 值之關係[25]

通常鋼材在海水中極易發生腐蝕，金屬表面生成一層阻礙氧氣擴散之 $Fe(OH)_2$ 膜，隨著腐蝕之進行，此膜不斷的更新滋長，並與鹼性海水接觸，因此鋼鐵表面之 pH 值約為 9.5。當海水 pH 值低於

4 時，鋼材表面之 $Fe(OH)_2$ 鈍態保護膜被溶解，鋼鐵表面之 pH 值降低。鋼材之次表面層不斷地析出且更能直接與海水接觸，腐蝕速率增大約等於氫氣生成與氧氣去極化作用所產生之腐蝕速率。而 pH 值大於 10 時，增加環境之鹼性，亦增加鋼鐵表面之 pH 值，因此鋼鐵表面之鈍態保護膜不易溶解，腐蝕速率大幅降低。

4. 溶氧量

氧是海水中金屬發生腐蝕最主要的催助劑。主要原因乃是鋼材腐蝕電化學反應過程中，氧在陰極半反應部份中與水作用生成 OH^-，OH^- 再與陽極半反應部份中溶解出之 Fe^{+2} 作用，形成 $Fe(OH)_2$ 之腐蝕生成物，如果氧氣供應充足時，則 $Fe(OH)_2$ 繼續繁衍生成各種不同之鐵銹生成物。海水中鋼鐵之腐蝕速率依其表面之溶氧量而定，若海水之溶氧量增加時，則接觸鋼鐵表面之氧量增加，其腐蝕速率增大，相對關係如圖 2.5 所示[26]。在正常的大氣壓下，海水之溶氧量與溫度及鹽度維持一平衡關係。

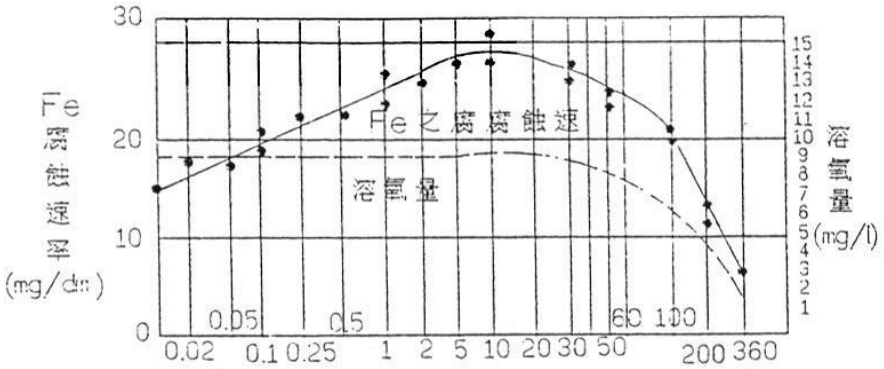


圖 2.5 鋼材之腐蝕速率與溶氧量之關係[26]

溶氧量亦隨海水深度而有所差異，主要受到海中植物進行光合作用或有機生物體之分解作用，而致使溶氧量有所消長。在深海處溶氧量低，對大多數之金屬而言，其腐蝕速率相對亦低。溶氧量亦受海水流速之增大而增濃，但受某些好氧細菌之作用(消耗)而降低濃度。

5. 導電度(conductivity)

海水之導電度是決定金屬腐蝕量多寡之一個重要因素，尤其是在有伽仉尼偶合作用(Galvanic coupling)及金屬表面局部有間隙存在的地方。從腐蝕工程師之觀點來看，海水與其它水溶液比較時，最主要的特徵是海水具有很高的比導電度，約比一般水溶液高 250 倍以上。海水之高比導電度容易造成金屬表面大面積的發生腐蝕反應，尤其是金屬表面之陽極面積小而陰極面積大時，腐蝕更是嚴重，最後形成局部孔蝕或間隙腐蝕。導電度之倒數謂之比電阻(resistivity)，為陰極防蝕設計上，陽極材料放電(消耗)大小之主要影響因子之一。

6. 深度

海水深度對金屬腐蝕之影響，現有公開的研究調查資料並不多。美國海軍試驗站研究人員於 1966 年，曾在太平洋的試驗站做深海腐蝕試驗，結果顯示：腐蝕速率隨著深度之增加而呈遞減趨勢，但亦有例外。如深至海床泥土時，若有硫化合物存在時，更能助長厭氧性之硫酸還原菌之滋長，最後更可能加速金屬之腐蝕反應速率。

7. 流速

海水流速對金屬腐蝕速率有多方面的影響，它不但能增加較易到達接觸金屬表面之溶氧量，又能因海流衝擊之機械效應，去除金屬表面鈍態保護膜，更促使氧氣較易對金屬表面進行擴散及濃度極化，造成金屬發生腐蝕。圖 2.6 為腐蝕速率與海水流速之關係。

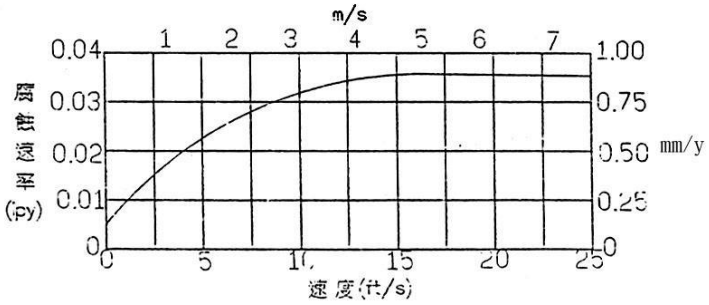


圖 2.6 鋼材腐蝕速率與海水流速之關係[27]

8. 迷失電流

迷失電流乃指不沿正規路徑，而走其它路徑流通之電流謂之。一旦這種迷失電流進入金屬結構物時，在離開結構物之處，會發生電蝕現象並加速腐蝕速率。海洋結構物諸如碼頭鋼板樁、油井平台，船舶停泊港口卸貨或進行電銲維修工程時或安裝防蝕系統(外加電流)時，其供電設備，諸如發電機，直流電源供應器等，可能發生斷路或漏電，這些電流可能經由船殼或直接流入海水中，由於海水是良好之電解質，更容易將這些電流傳導至鋼板樁等金屬結構物，迷失電流一旦進入結構物，則會加速腐蝕速率，碼頭鋼板樁遭受迷失電流襲擊的過程如圖 2.7 所示[28]。通常一片金屬表面，在陽極部位(金屬溶解釋出離子)由於受到迷失電流的影響，所造成腐蝕量可由法拉第定律計算出。例如一安培直流電之迷失電流，流經鋼鐵結構物至海水中，每年將可腐蝕掉結構物約 9.1kg 之鋼鐵。

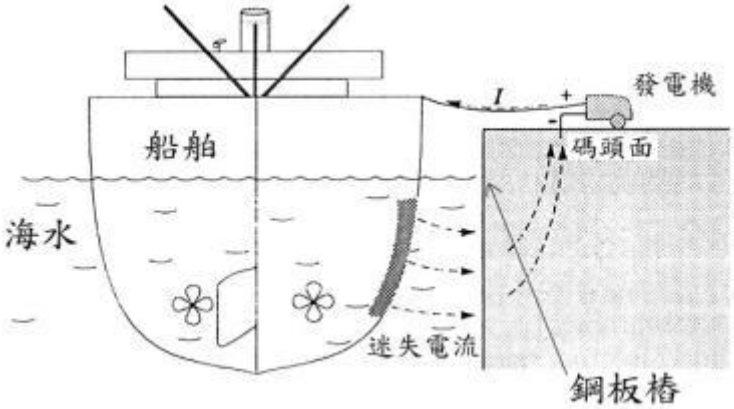


圖 2.7 碼頭鋼板樁遭受迷失電流之情形[28]

9. 海生物附著

海生物附著對鋼鐵之腐蝕，並不是一般腐蝕型態之一。它是一種因海生物有機體附著，致使金屬劣化。海水中包含有許多各種不同的有機生物體等，這些有機生物體有微污生物諸如細菌等，及巨污生物諸如海藻、滕壺、貝類等。海洋結構物浸泡海水中常受到海生物附著所困擾。由於海生物所排放之黏液(slime)容易附著於結構物表面上，接著形成生物黏液膜，萌芽的固著微生物體持久大量的

附著，最後繁殖形成巨大的附著生物體，造成結構體局部的腐蝕劣化及荷重增加。海生物之種類及繁殖受到海水深度、溫度、光度及滋養等因素影響，同時亦因季節、潮汐等變化而異。海生物附著於鋼板樁，其發生腐蝕行為之過程，有下列幾種方式：

(1)直接對陰極或陽極產生去極化作用，影響腐蝕之特性或加速腐蝕速率。

(2)由於生物新陳代謝作用或分泌物釋出有機酸液，製造具腐蝕性之環境，鋼材更易與酸性反應，造成嚴重局部孔蝕。

(3)破壞金屬表面鈍態保護膜。

(4)形成金屬表面有氧氣濃淡電池作用。

(5)在金屬表面附近因有硫化物生成，使硫酸還原菌更具腐蝕侵蝕。

硫酸還原菌對鋼材之腐蝕機理如下：(厭氧性細菌)

$4Fe \rightarrow 4Fe^{+2} + 8e^{-}$ (陽極反應，Fe溶解成Fe^{+2})

$8H \rightarrow 8H^{+} + 8OH^{-}$ (H解離成離子狀態)

$8H^{+} + 8e^{-} \rightarrow 8H$ (陰極反應，H^{+}還原成H原子)

$SO4^{-2} + 8H^{+} \rightarrow S^{-2} + 4H_2O$ (硫酸還原菌對陰極去極化作用)

$Fe^{+2} + S^{-2} \rightarrow FeS$ (腐蝕生成物)

$3Fe^{+2} + 6OH^{-} \rightarrow 3Fe(OH)_2$ (腐蝕生成物)

$4Fe + 4H_2O + SO_4^{-2} \rightarrow 3Fe(OH)_2 + FeS + 2OH^{-}$

第三章 研究方法及進行步驟

為持續建立臺灣地區長期金屬材料水下腐蝕資料庫，以作為新建及既有結構物耐久性與防蝕設計及維護管理之參考需要，自 103 年起陸續安裝水下金屬試驗架於基隆港、臺北港、蘇澳港、花蓮港、臺中港、布袋港、安平港、高雄港、金門水頭、金門料羅港、馬祖福澳港、澎湖龍門港等國內商港。藉此了解港區在不同環境、金屬材料、海洋生物附著、海水水質等對金屬材料腐蝕之長期研究。今將研究方法、規劃、試片設計與試驗期程如圖 3.1 分述：

3.1 研究方法與規劃

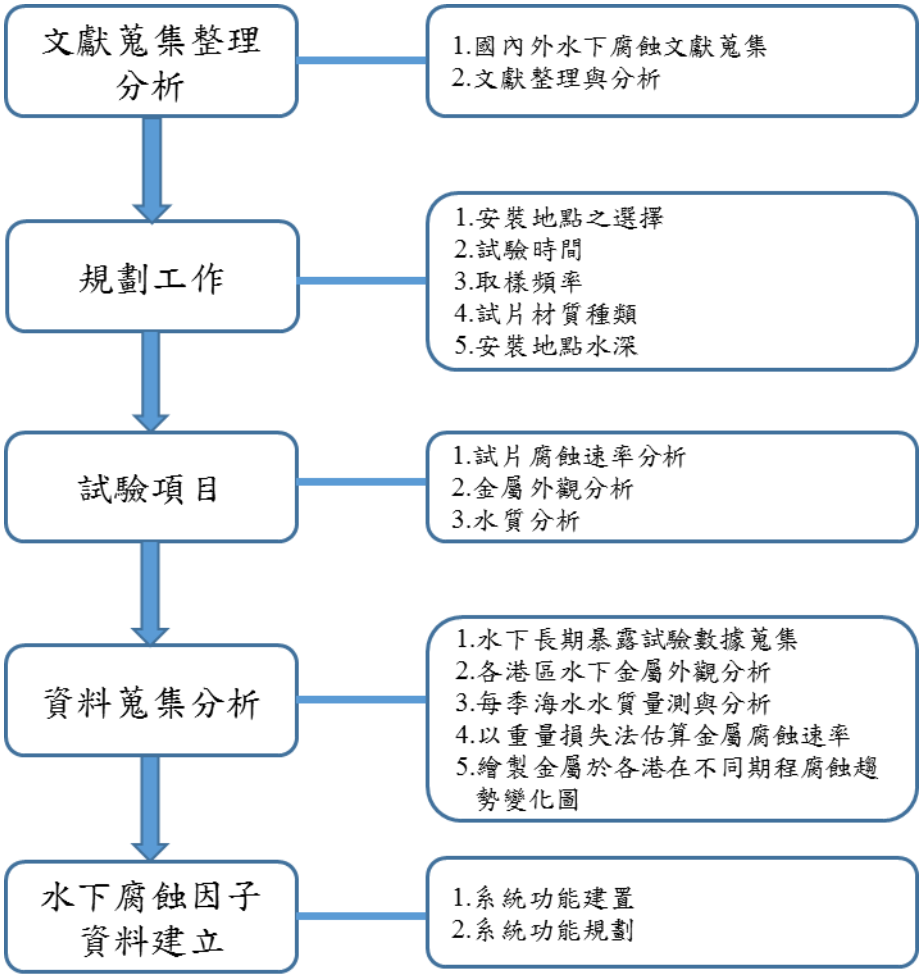


圖 3.1 水下腐蝕研究方法與規劃

3.2 各港區海水下金屬暴露試驗

3.2.1 各港區試片設計與試驗期程

試片設計、屬性與安裝與試驗期程如表 3-1 至表 3-4 所示，試片大小，試片架之設計如圖 3.2 所示，試片架之安放工作以及各階段分批取樣時程，詳述如後：

1. 材質型式：試片採用港工結構材使用之試片，分三種型式為碳鋼(SM490A)、不鏽鋼(SS316L)、低碳鋼(SS400)。
2. 試片之大小：為適合海中附生物之附著。軋鋼材質料試片大小均為 15cm×10cm，厚度則分別為碳鋼(SM490A)1.0cm、不鏽鋼(SS316L)1.0cm、低碳鋼(SS400)1.0cm。
3. 試片架設計：為配合當地港工結構之條件，設計須考慮穩定性、試片置放及取樣難易程度等每一試片皆有兩只通孔，使用不鏽鋼螺栓及螺帽，固定於承載試片主架上，螺栓與螺帽使用絕緣材質墊片，以防止電化學腐蝕效應。
4. 試片架的暴露位置：分別安放於飛沫帶、潮汐帶、水中帶 3 個位置每層架置 45 個試片，共 135 片，如圖 3.2 所示，以膨脹螺絲接合施作於混凝土牆面固定，現場安裝如圖 3.3 至圖 3.16 所示。
5. 試驗期程：依實際需求規劃或 10 年期。
6. 取樣頻率：第 1、2、3、5、8、10 年期等。

表 3-1 各港區金屬材料水下腐蝕試片尺寸與安裝取樣期程(1/4)

放置地點	放置位置	試片材質	試片大小(cm)	安裝日期 (年/月/日)	取樣期程
基隆港 西33B 碼頭	飛沫帶	SM490A SS316L SS400	15×10×1.0	2016/09/26	1、2、5、8、10 年等5個期程
	潮汐帶				
	水中帶				
臺北港 北2碼頭	飛沫帶	SM490A SS316L SS400	15×10×1.0	2016/09/26	1、2、5、8、10 年等5個期程
	潮汐帶				
	水中帶				
蘇澳港 公務 船渠	飛沫帶	SM490A SS316L SS400	15×10×1.0	2016/06/23	1、2、5、8、10 年等5個期程
	潮汐帶				
	水中帶				
花蓮港 西防波堤 燈塔	飛沫帶	SM490A SS316L SS400	15×10×1.0	2016/10/03	1、2、5、8、10 年等5個期程
	潮汐帶				
	水中帶				

表 3-2 各港區金屬材料水下腐蝕試片尺寸與安裝取樣期程(2/4)

放置地點	放置位置	試片材質	試片大小(cm)	安裝日期(年/月/日)	取樣期程(年)
臺中港 1號碼頭西側	飛沫帶	SM490A SS316L SS400	20×10×1.2 20×10×2.0 20×10×1.0	2014/10/28 安裝 2017 年受外力撞擊毀損	1、2、3、5、8、10 年等 6 個期程
	潮汐帶				
	水中帶				
臺中港 1 號碼頭西側	飛沫帶	SM490A SS316L SS400	15×10×1.0	2019/03/26 重新安裝	1、2、5、8、10 年等 5 個期程
	潮汐帶				
	水中帶				
布袋港 東3碼頭	飛沫帶	SM490A SS316L SS400	15×10×1.0	2016/09/05	1、2、5、8、10年等5個期程
	潮汐帶				
	水中帶				
安平港 7碼頭	飛沫帶	SM490A SS316L SS400	15×10×1.0	2016/09/06	1、2、5、8、10年等5個期程
	潮汐帶				
	水中帶				

表 3-3 各港區金屬材料水下腐蝕試片尺寸與安裝取樣期程(3/4)

放置地點	放置位置	試片材質	試片大小(cm)	安裝日期 (年/月/日)	取樣期程
高雄港 10號碼頭	飛沫帶	SM490A SS316L SS400	15x10x1.0	2016/09/08	1、2、5、8、10年等5個期程
	潮汐帶				
	水中帶				
高雄港 40號碼頭	飛沫帶	SM490A SS316L SS400	15x10x1.0	2016/09/07	1、2、5、8、10年等5個期程
	潮汐帶				
高雄港 75號碼頭	飛沫帶	SM490A SS316L SS400	15x10x1.0	2016/09/07	1、2、5、8、10年等5個期程
	潮汐帶				
	水中帶				

表 3-4 各港區金屬材料水下腐蝕試片尺寸與安裝取樣期程(4/4)

放置地點	放置位置	試片材質	試片大小 (cm)	安裝日期 (年/月/日)	取樣期程 (年)
金門 料羅港區	潮汐帶	SM490A SS316L SS400	15×10×1.0	2015/11/16	1、2、5、8、10年等5個期程
	水中帶				
金門 水頭商港	潮汐帶	SM490A SS316L SS400	15×10×1.0	2015/11/16	1、2、5、8、10年等5個期程
	水中帶				
馬祖福澳港 浮動碼頭	飛沫帶	SM490A SS316L SS400	15×10×1.0	2016/08/15	1、2、5、8、10年等5個期程
	潮汐帶				
	水中帶				
澎湖龍門港 9號碼頭	飛沫帶	SM490A SS316L SS400	15×10×1.0	2016/09/12	1、2、5、8、10年等5個期程
	潮汐帶				
	水中帶				
港研中心 循環水槽	潮汐帶	SM490A SS316L SS400	15×10×1.0	2016/09/22	1、2、5、8、10年等5個期程

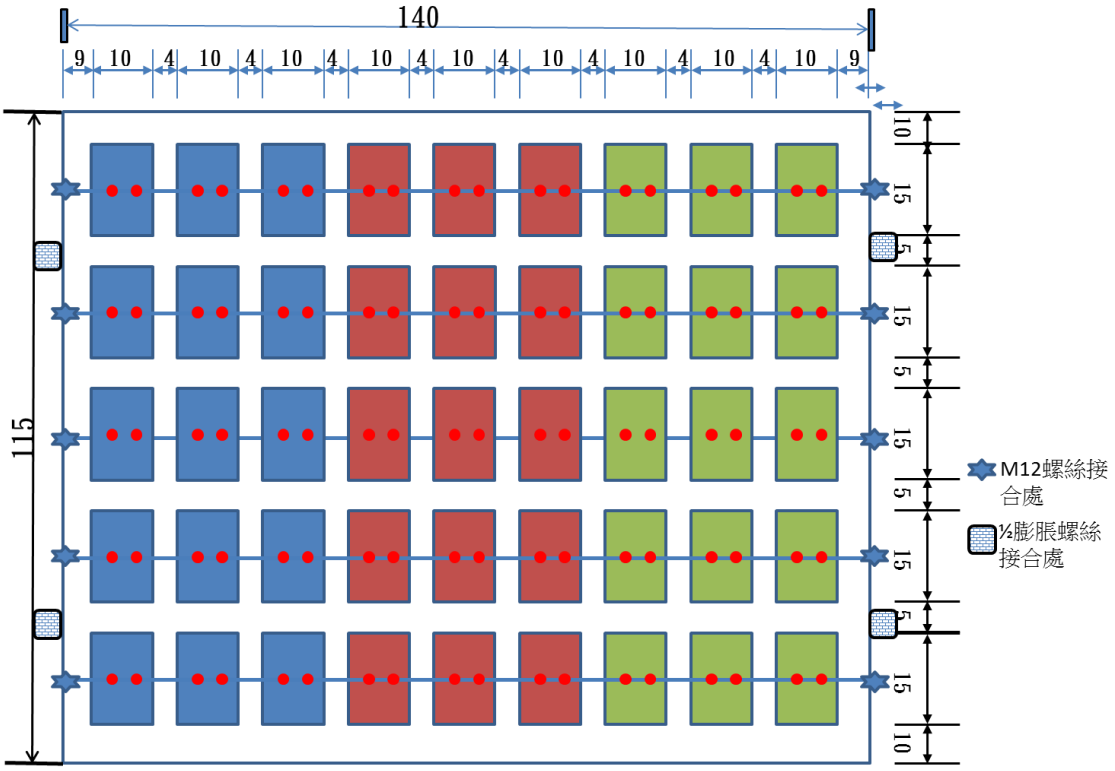
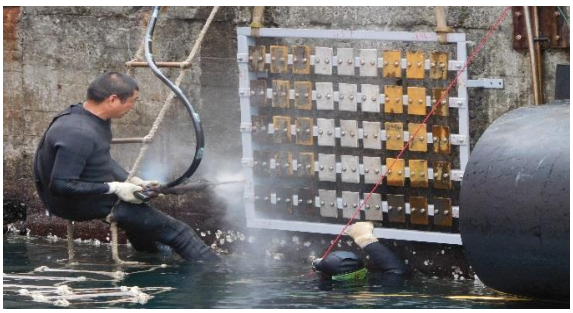


圖3.2.水下金屬暴露試驗架示意圖

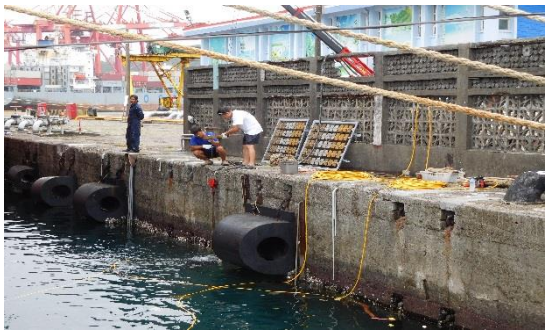
1.水下金屬腐蝕試驗架吊掛



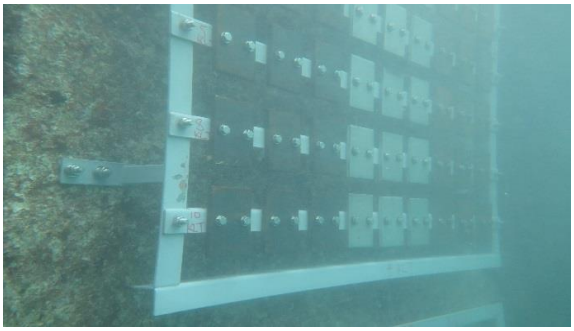
2.潛水員固定飛沫帶試驗架

3.車用吊桿吊放金屬腐蝕試驗架

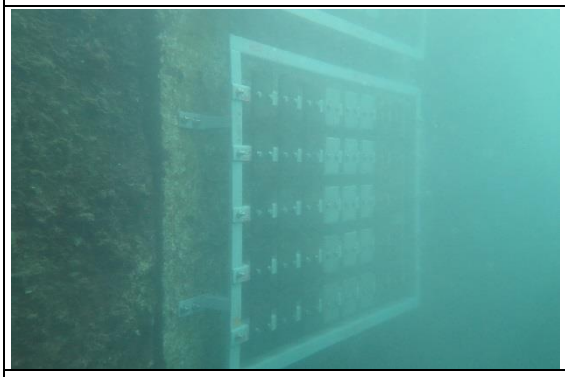
4.金屬腐蝕試驗架微調安裝位置



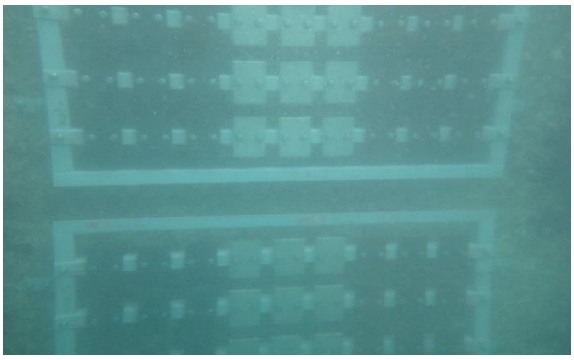
5.水下帶試驗架氣動鑽安裝



6.潮汐帶試驗架安裝完成



7.水下帶試驗架安裝完成



8.基隆港試驗架安裝安成

圖 3.3 基隆港水下金屬暴露試驗架安裝

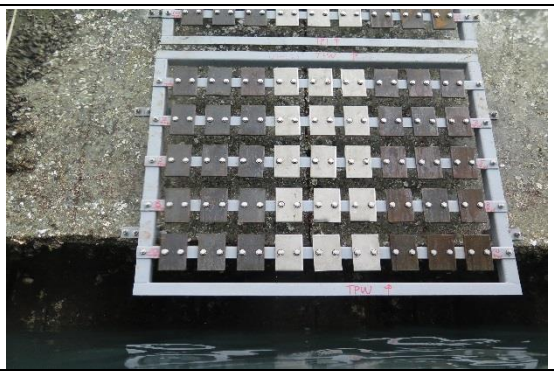
1.金屬腐蝕試驗架置放

2.潛水員固定腐蝕試驗架

3.車用吊桿吊放金屬腐蝕試驗架

4.完成第 2 片潮汐帶腐蝕試驗架

5.潛水員固定水中帶腐蝕試驗架



6.水中帶腐蝕試驗架固定完成

7.金屬腐蝕試驗架組安裝完成 1

8.金屬腐蝕試驗架組安裝完成 2

圖 3.4 臺北港水下金屬暴露試驗架安裝

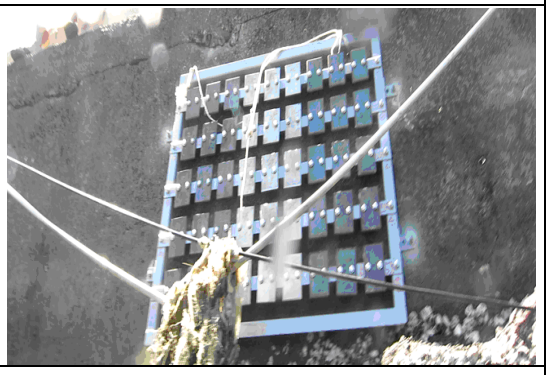
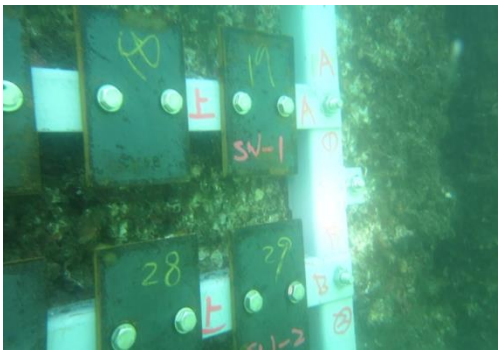
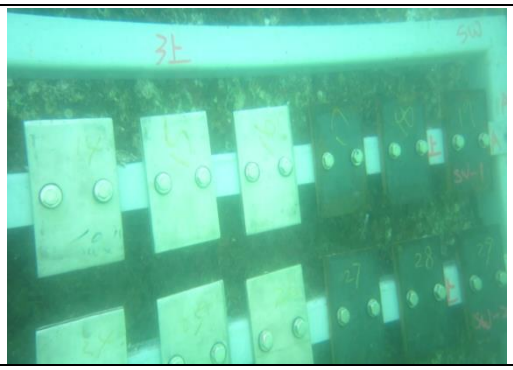
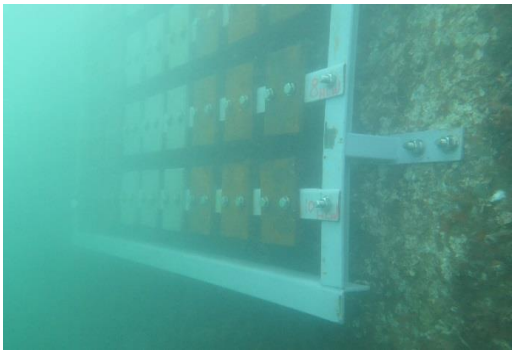
	
1.金屬腐蝕試驗架置放	2.金屬腐蝕試驗架編號確認
	
3.金屬腐蝕試驗架安裝	4.腐蝕試驗架吊放
	
5.飛沫帶金屬試片架安裝	6.飛沫帶金屬試片架安裝完成
	
7.潮汐帶金屬試片架安裝完成	8.水中帶金屬試片架安裝完成

圖 3.5 蘇澳港水下金屬暴露試驗架安裝

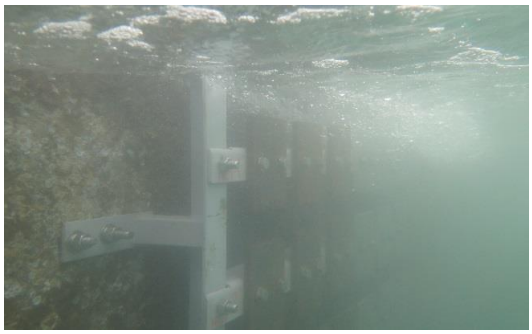
1.花蓮港金屬腐蝕試驗架置放

2.潛水員清除岸壁面海附生物

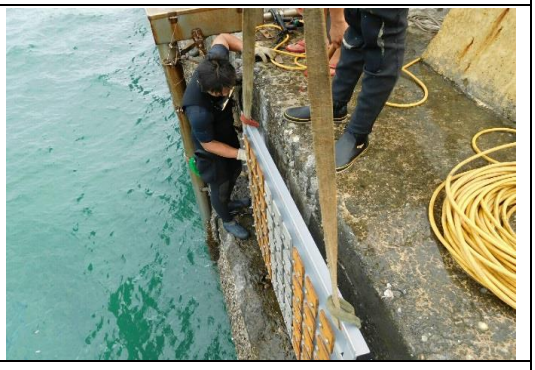
3.車用吊桿吊放金屬腐蝕試驗架



4.水下帶試驗架氣動鑽安裝完成



5.潮汐帶試驗架組裝完成

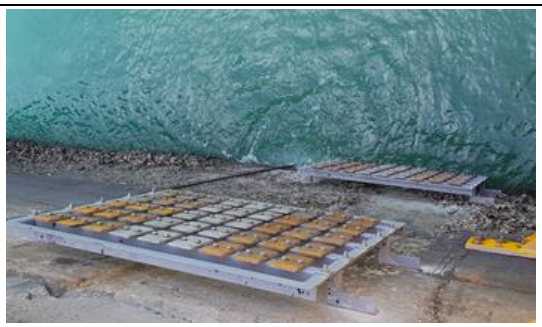


6.飛沫帶試驗架垂降至定位

7.飛沫帶試驗架垂降至定位及安裝

8.花蓮港試驗架安裝完成

圖 3.6 花蓮港水下金屬暴露試驗架安裝

	
1. 試驗架組吊放至預定位置	2.試驗架吊掛
	
3.海生物刮除	4. 鑽孔作業
	
5. 飛沫帶安裝完成	6 潮汐帶安裝完成
	
7. 水中帶吊放至預定位置	8. 水中帶螺絲鎖固

註: 2019/03/26 重新安裝

圖 3.7 臺中港水下金屬暴露試驗架安裝

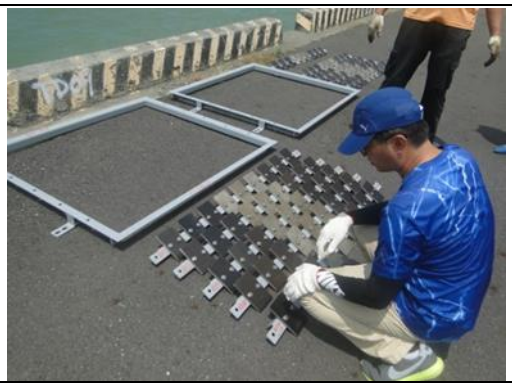
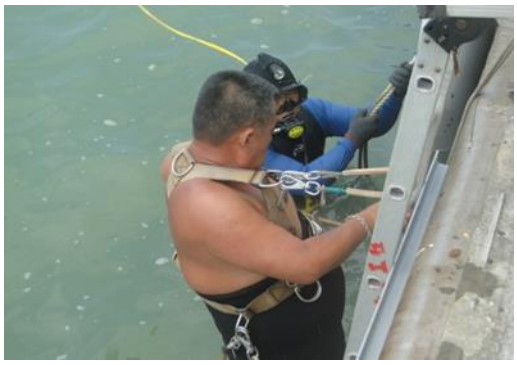
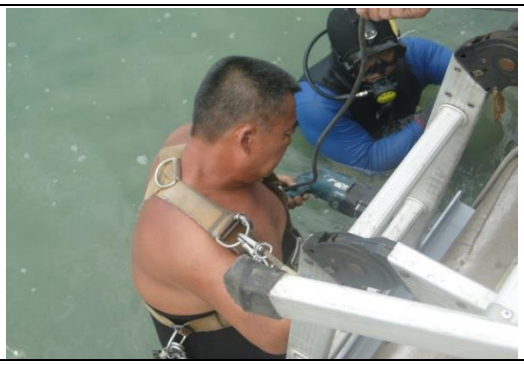
	
1.腐蝕試驗架試片位置查核	2.潛水員固定腐蝕試驗架
	
3.金屬腐蝕試驗架固定	4.腐蝕試驗架吊掛
	
5.潛水員固定腐蝕試驗架	6.潛水員固定腐蝕試驗架
	
7.金屬腐蝕試驗架組安裝完成	8.金屬腐蝕試驗架組安裝完成

圖 3.8 布袋港水下金屬暴露試驗架安裝

1.安平港水下金屬腐蝕試驗架

2.潛水員固定飛沫帶試驗架

3.車用吊桿吊放金屬腐蝕試驗架

4.金屬腐蝕試驗架微調安裝位置

5.飛沫帶試驗架安裝

6.飛沫帶試驗架安裝完成

7.潮間帶試驗架安裝完成

8.水中帶試驗架安裝安成

圖 3.9 安平港水下金屬暴露試驗架安裝

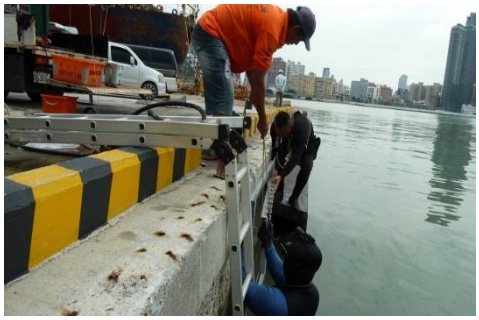
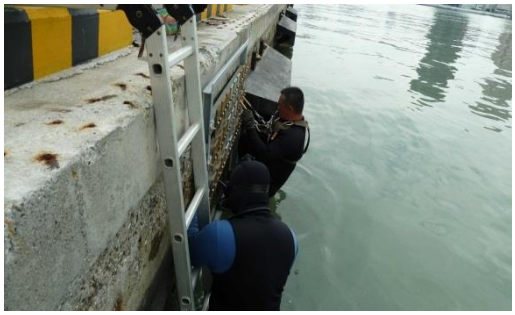
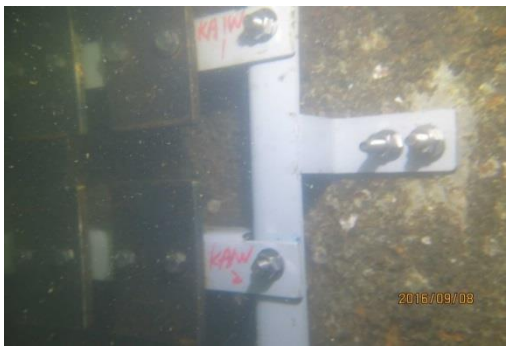
	
1.高雄港 10 號碼頭金屬腐蝕試驗架	2.金屬腐蝕試驗架安裝
	
3.金屬腐蝕試驗架安裝	4.水下帶試驗架安裝完成
	
5.飛沫帶試驗架組裝完成	6.潮汐帶試驗架安裝完成
	
7.水中帶試驗架安裝完成	8.花蓮港試驗架安裝完成

圖 3.10 高雄港 10 號碼頭水下金屬暴露試驗架安裝

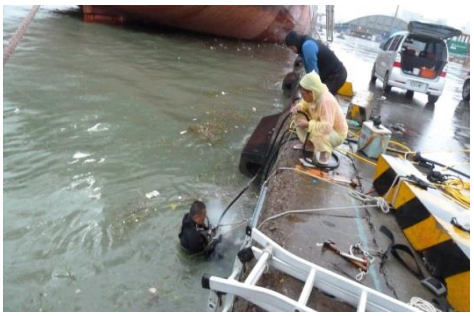
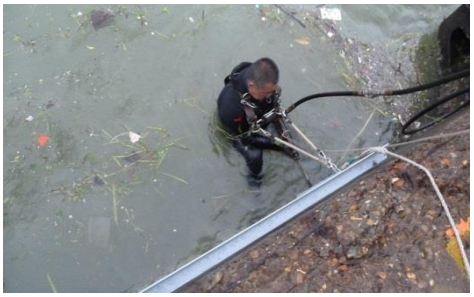
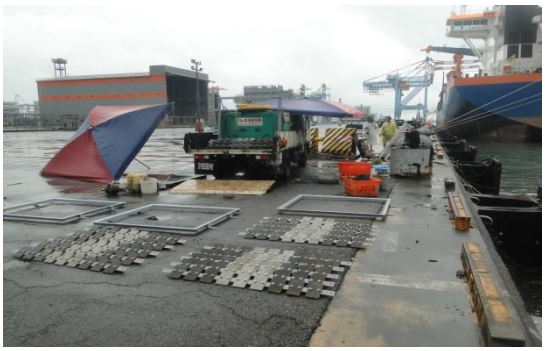
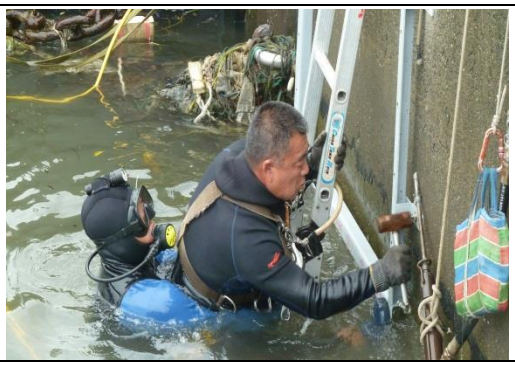
	
1.高雄港 40 號碼頭金屬腐蝕試驗架	2.金屬腐蝕試驗架安裝
	
3.金屬腐蝕試驗架安裝	4.水下帶試驗架安裝完成
	
5.飛沫帶試驗架組裝完成	6.潮汐帶試驗架安裝完成
	
7.潮汐帶試驗架安裝完成	8.高雄港 40 號碼頭試驗架安裝完成

圖 3.11 高雄港 40 號碼頭水下金屬暴露試驗架安裝



1.高雄港 75 號碼頭金屬腐蝕試驗架



2.金屬腐蝕試驗架安裝

3.金屬腐蝕試驗架安裝

4.水下帶試驗架安裝完成

5.飛沫帶試驗架組裝完成

6.潮汐帶試驗架安裝完成

7.水中帶試驗架安裝完成

8.高雄港 75 號碼頭試驗架安裝完成

圖 3.12 高雄港 75 號碼頭水下金屬暴露試驗架安裝

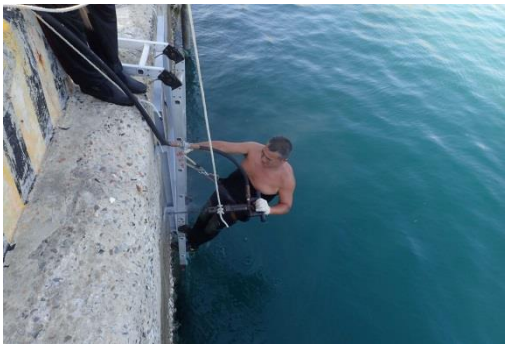
	
1.金屬試片分類	2.組裝完成
	
3.依取樣時間分批依序組裝	4.試驗架岸上繫繩分批吊掛
	
5.試驗架吊掛	6.安裝位置海生物刮除
	
7.試驗架氣動鑽孔固定	8.潮汐帶安裝完工圖

圖 3.13 金門料羅港與水頭商港水下金屬暴露試驗架安裝

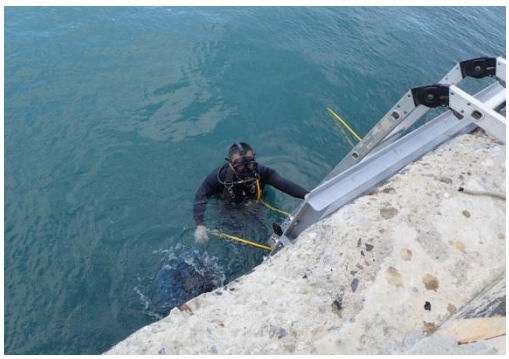
	
1.福澳港預定位置測量	2.潛水員清除岸壁面海附生物
	
3.碼頭上組裝試驗架	4.水下帶試驗架氣動鑽安裝
	
5.潮汐帶試驗架氣動鑽安裝	6.飛沫帶試驗架氣動鑽安裝
	
7.水中帶試驗架安裝完成	8.試驗架安裝完成

圖 3.14 馬祖福澳港水下金屬暴露試驗架安裝

1.金屬腐蝕試驗架排列檢視



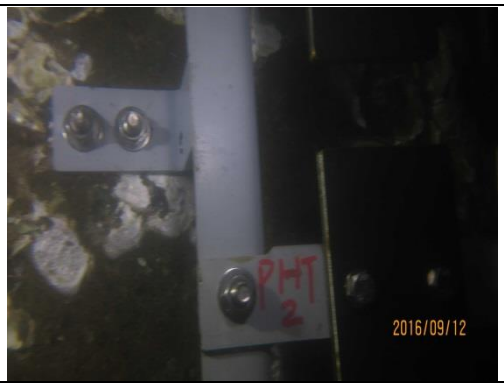
2.金屬腐蝕試驗架安裝



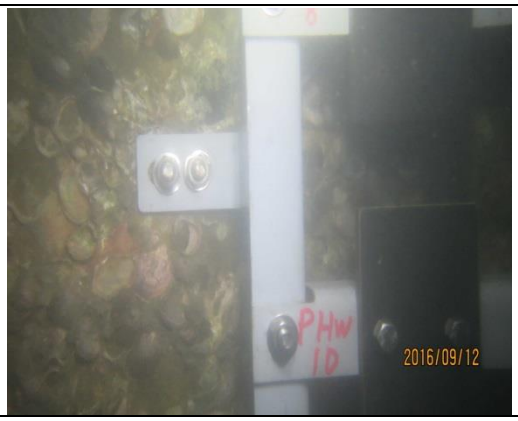
3.金屬腐蝕試驗架安裝

4.試驗架安裝

5.飛沫帶試驗架組裝完成



6.潮汐帶試驗架安裝完成



7.水中帶試驗架安裝完成

8.試驗架安裝完成

圖 3.15 澎湖龍門尖山港水下金屬暴露試驗架安裝

	
1.金屬腐蝕試驗架排列檢視	2.金屬腐蝕試驗架吊掛
	
3.試驗架安裝	4.試驗架安裝
	
5.試驗架組裝完成	6.試驗架安裝完成

圖 3.16 港研中心循環水槽水下金屬暴露試驗架安裝

3.3 試片腐蝕速率分析方法

3.3.1 試片定期採樣之處理分析方法

依規劃時間至安裝現場請潛水人員將試片取出，將樣品收集分類及拍照後，帶回實驗室作進一步海生物清除與腐蝕清洗分析。

3.3.2 試片腐蝕分析步驟

採樣後試片於實驗室中進行腐蝕分析作業流程如圖 3.17，先將將附著海生物刮去處理後，依據 NACE Standard TM-01-69 方法，以濃鹽酸＋40 g/l $SnCl_2$ 溶液，在室溫下浸泡試片，達到除銹效果，並稱重以量測其平均腐蝕速率（重量損失法）。將試驗點暴放後取回之試片進行腐蝕速率量測。為確保除去腐蝕生成物的化學清洗方法不會損壞底材金屬，先使用腐蝕試片進行重複清洗，以制定檢量線（俟重複清洗後之試片淨重達到一穩定值）。

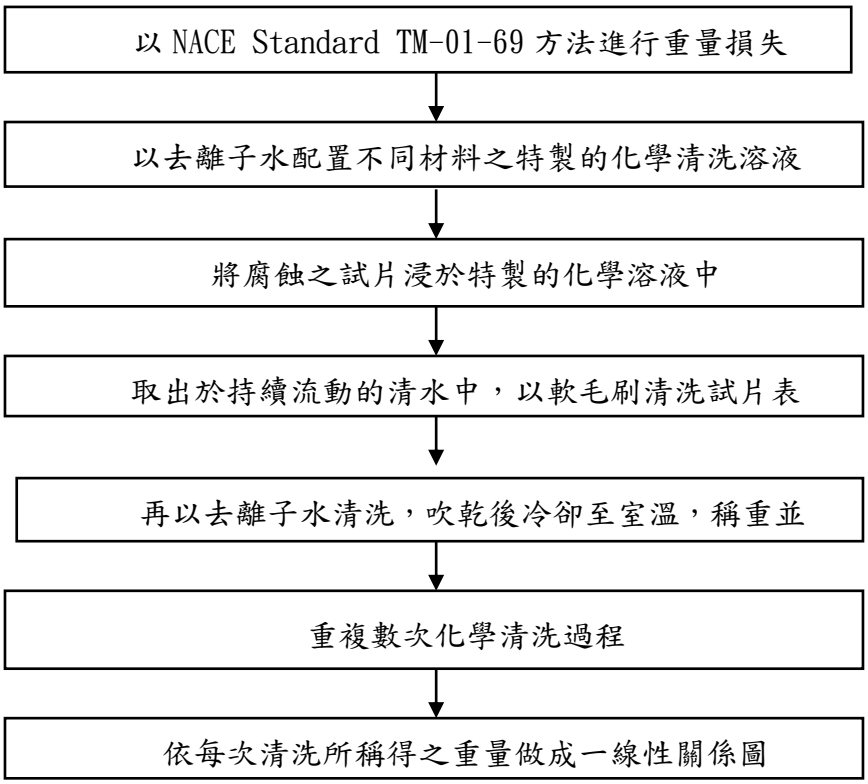


圖 3.17 水下金屬腐蝕生成物清除作業流程圖

3.3.3腐蝕速率計算

板狀試片的腐蝕速率(Rcorr)單位以 μm/yr 表示，計算公式如下：

$R_{corr} = \Delta m / (A \cdot \rho \cdot t)$ ..... (3.1)

式中，Δm=質量損失(g)

A=試片暴露面積(m^2)

t=暴露時間，年(year)

ρ=金屬材料之密度 (g/cm^3)

第四章 金屬材料水下腐蝕速率分析

依過去國內外文獻研究報告指出，金屬在海水中的腐蝕行為會因海水中的 pH 值、氯離子濃度、溫度、溶氧量、水流速度、海生物附著等參數的影響而產生不同的腐蝕現象。為推估港區內金屬腐蝕速率與水深變化的關係，將不同形式港工結構材料，如碳鋼(SM490A)、不鏽鋼(SS316L)、低碳鋼(SS400) 三種金屬於不同位置(飛沫帶、潮汐帶與水中帶)進行水下金屬材料腐蝕速率分析及各試驗站所調查每季水質分析。

4.1 各港區腐蝕速率分析

4.1.1基隆港腐蝕速率分析

由基隆港暴放 2 年後金屬暴露試驗結果，如圖 4.1 與表 4-1 之試片平均腐蝕速率，可發現

飛沫帶平均腐蝕速率依序為碳鋼(SM490A) 518.5(μm/yr)，低碳鋼(SS400) 500.7(μm/yr)，不鏽鋼(SS316L) 0.1(μm/yr)。潮汐帶依序為低碳鋼 586.4(μm/yr)，碳鋼 390.4(μm/yr)，不鏽鋼 2.7(μm/yr)。水中帶依序為低碳鋼 502.1(μm/yr)，碳鋼 333.6(μm/yr)，不鏽鋼 0.0(μm/yr)。

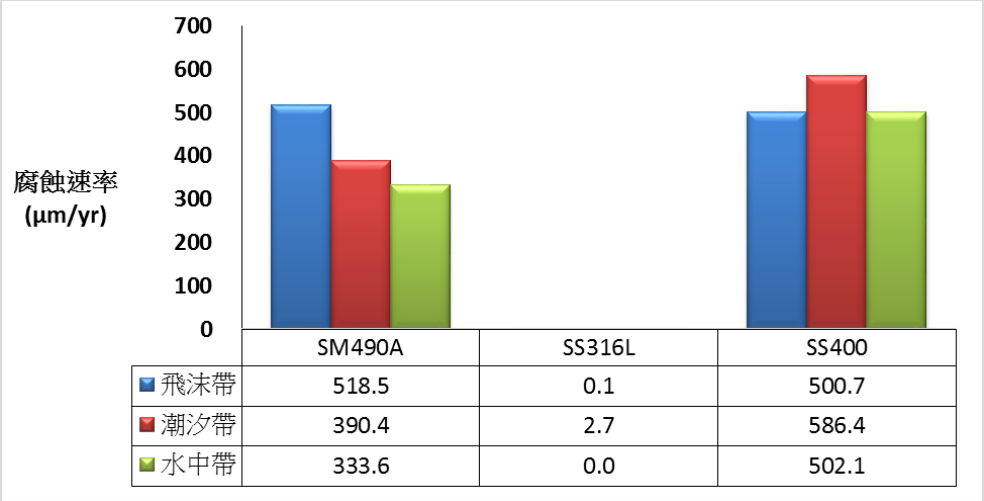


圖 4.1 基隆港暴放 2 年後金屬試片腐蝕速率與佈放位置比較圖

表4-1 基隆港暴放2年後試片腐蝕速率

暴放地點	SM490A		SS316L		SS400	
	各試片腐蝕速率(μm/yr)	平均腐蝕速率(μm/yr)	各試片腐蝕速率(μm/yr)	平均腐蝕速率(μm/yr)	各試片腐蝕速率(μm/yr)	平均腐蝕速率(μm/yr)
飛沫帶	516.8	518.5	0.1	0.1	497.9	500.7
	526.2		0.3		497.9	
	512.6		0.0		506.4	
潮汐帶	361.8	390.4	6.4	2.7	508.4	586.4
	448.4		0.0		540.4	
	361.1		1.7		710.5	
水中帶	315.4	333.6	0.0	0.0	490.0	502.1
	327.9		0.0		501.4	
	357.4		0.0		514.2	

4.1.2 臺北港腐蝕速率分析

由臺北港暴放 2 年後金屬暴露試驗結果，如圖 4.2 與表 4-2 之試片平均腐蝕速率，可發現

飛沫帶平均腐蝕速率依序為碳鋼(SM490A) 742.5(μm/yr)，低碳鋼(SS400) 728.6(μm/yr)，不鏽鋼(SS316L) 0.4(μm/yr)。潮汐帶依序為低碳鋼 475.1(μm/yr)，碳鋼 425.2(μm/yr)，不鏽鋼 0.0 (μm/yr)。水中帶依序為碳鋼 182.4(μm/yr)，低碳鋼 177.7(μm/yr)，不鏽鋼 0.4 (μm/yr)。

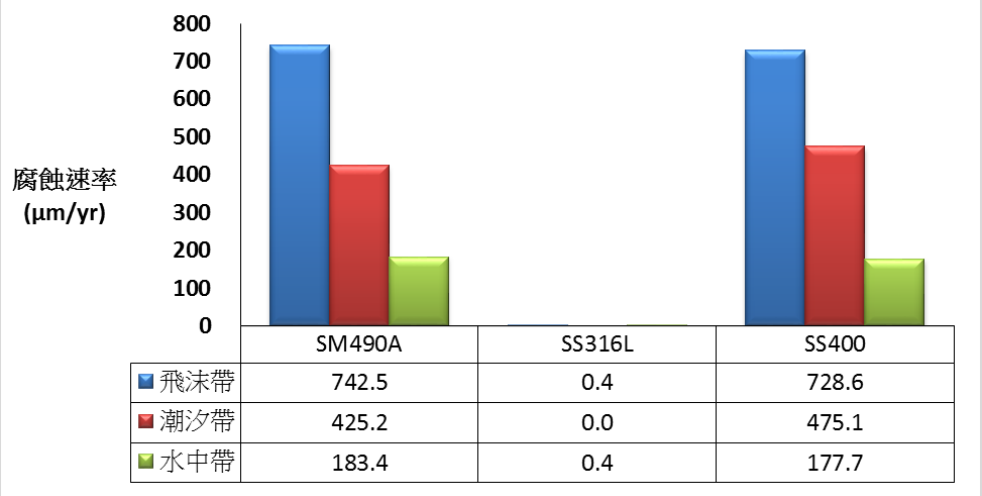


圖 4.2 臺北港暴放 2 年後金屬試片腐蝕速率與佈放位置比較圖

表4-2 臺北港暴放2年後試片腐蝕速率

暴放地點	SM490A		SS316L		SS400	
	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)
飛沫帶	763.4	742.5	0.4	0.4	740.0	728.6
	754.8		0.4		717.2	
	730.3		0.4		717.8	
潮汐帶	431.5	425.2	0.0	0.0	471.2	475.1
	423.6		0.0		472.7	
	420.6		0.0		477.3	
水中帶	173.9	183.4	0.4	0.4	176.6	177.7
	183.4		0.4		176.6	
	193.0		0.6		179.8	

4.1.3 蘇澳港腐蝕速率分析

由蘇澳港暴放 2 年後金屬暴露試驗結果，如圖 4.3 與表 4-3 之試片平均腐蝕速率，可發現

飛沫帶平均腐蝕速率依序為碳鋼(SM490A) 516.5(μm/yr)，低碳鋼(SS400) 487.3(μm/yr)，不鏽鋼(SS316L) 0.0 (μm/yr)。潮汐帶依序為碳鋼 536.4(μm/yr)，低碳鋼 207.6(μm/yr)，不鏽鋼 0.0 (μm/yr)。水中帶依序為碳鋼 295.2(μm/yr)，低碳鋼 226.0(μm/yr)，不鏽鋼 0.0 (μm/yr)。

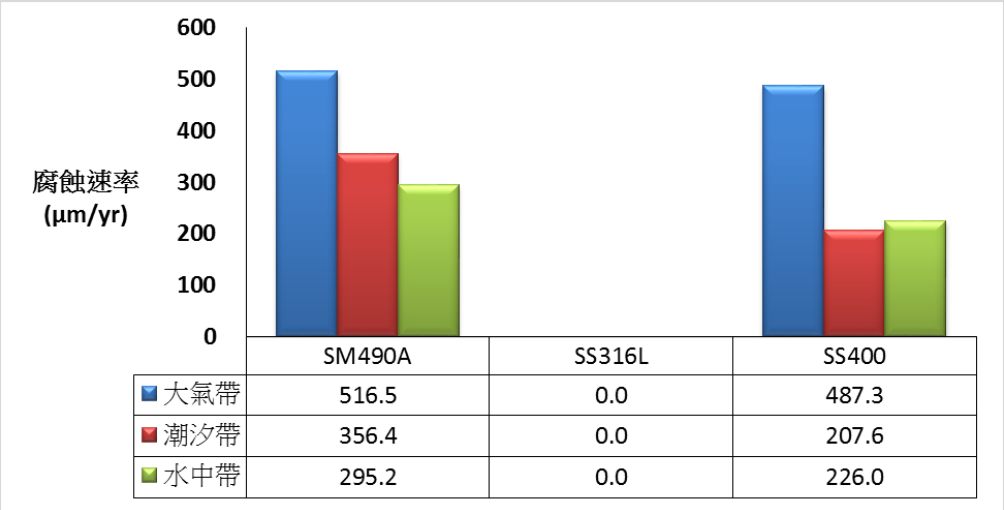


圖 4.3 蘇澳港暴放 2 年後金屬試片腐蝕速率與佈放位置比較圖

表4-3 蘇澳港暴放2年後試片腐蝕速率

暴放地點	SM490A		SS316L		SS400	
	各試片腐蝕速率(μm/yr)	平均腐蝕速率(μm/yr)	各試片腐蝕速率(μm/yr)	平均腐蝕速率(μm/yr)	各試片腐蝕速率(μm/yr)	平均腐蝕速率(μm/yr)
飛沫帶	514.1	516.5	0.0	0.0	526.0	487.3
	514.1		0.0		497.8	
	521.5		0.0		438.0	
潮汐帶	279.3	356.4	0.0	0.0	228.9	207.6
	415.1		0.0		214.1	
	274.7		0.0		179.6	
水中帶	334.4	295.2	0.0	0.0	231.2	226.0
	274.1		0.0		202.3	
	277.2		0.0		244.6	

4.1.4花蓮港腐蝕速率分析

由花蓮港暴放 2 年後金屬暴露試驗結果，如圖 4.4 與表 4-4 之試片平均腐蝕速率，可發現

飛沫帶平均腐蝕速率依序為低碳鋼(SS400) 388.0(μm/yr)，碳鋼(SM490A) 308.5(μm/yr)，不鏽鋼(SS316L) 0.2(μm/yr)。潮汐帶依序為低碳鋼 327.1(μm/yr)，碳鋼 228.0(μm/yr)，不鏽鋼 0.3(μm/yr)。水中帶依序為低碳鋼 255.5(μm/yr)，碳鋼 189.4(μm/yr)，不鏽鋼 0.0(μm/yr)。

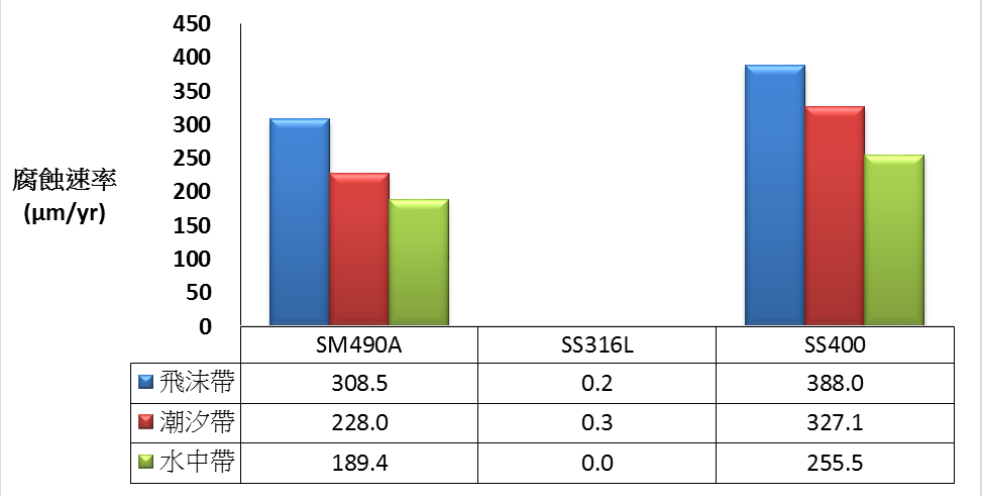


圖 4.4 花蓮港暴放 2 年後金屬試片腐蝕速率與佈放位置比較圖

表4-4 花蓮港暴放2年後試片腐蝕速率

暴放地點	SM490A		SS316L		SS400	
	各試片腐蝕速率(μm/yr)	平均腐蝕速率(μm/yr)	各試片腐蝕速率(μm/yr)	平均腐蝕速率(μm/yr)	各試片腐蝕速率(μm/yr)	平均腐蝕速率(μm/yr)
飛沫帶	301.8	308.5	0.3	0.2	383.7	388.0
	306.5		0.3		396.5	
	310.6		0.0		383.7	
潮汐帶	245.0	228.0	0.0	0.3	270.0	327.1
	217.4		1.0		311.0	
	221.6		0.0		400.4	
水中帶	198.0	189.4	0.0	0.0	170.3	255.5
	165.6		0.0		182.9	
	180.9		0.0		413.4	

4.1.5 臺中港腐蝕速率分析

由臺中港暴放 2 年後金屬暴露試驗結果，如圖 4.5 與表 4-5 之試片平均腐蝕速率，可發現

飛沫帶平均腐蝕速率依序為碳鋼(SM490A) 623.9(μm/yr)，低碳鋼(SS400) 577.8(μm/yr)，不鏽鋼(SS316L) 0.6(μm/yr)。潮汐帶依序為碳鋼 330.8 (μm/yr)，低碳鋼 216.8 (μm/yr)，不鏽鋼 0.0 (μm/yr)。水中帶依序為碳鋼 159.7 (μm/yr)，低碳鋼 142.3 (μm/yr)，不鏽鋼 2.0(μm/yr)。

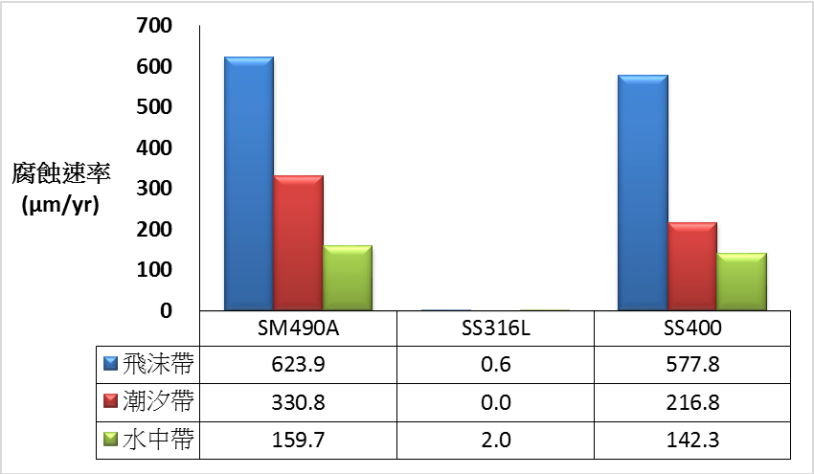


圖 4.5 臺中港暴放 2 年後金屬試片腐蝕速率與佈放位置比較圖

表4-5 臺中港暴放2年後試片腐蝕速率

暴放地點	SM490A		SS316L		SS400	
	各試片腐蝕速率(μm/yr)	平均腐蝕速率(μm/yr)	各試片腐蝕速率(μm/yr)	平均腐蝕速率(μm/yr)	各試片腐蝕速率(μm/yr)	平均腐蝕速率(μm/yr)
飛沫帶	632.7	623.9	0.6	0.6	573.4	577.8
	624.1		0.0		579.1	
	604.9		1.1		580.8	
潮汐帶	332.9	330.8	0.0	0.0	236.5	216.8
	315.7		0.0		228.0	
	330.0		0.0		185.8	
水中帶	141.0	159.7	1.1	2.0	139.9	142.3
	149.2		0.0		144.7	
	134.9		6.0			

4.1.6 布袋港腐蝕速率分析

由布袋港暴放 2 年後金屬暴露試驗結果，如圖 4.6 與表 4-6 之試片平均腐蝕速率，可發現

潮汐帶依序為低碳鋼(SS400) 252.3(μm/yr)，碳鋼(SM490A) 339.1(μm/yr)，不鏽鋼(SS316L) 0.6(μm/yr)。水中帶依序為低碳鋼 308.0(μm/yr)，碳鋼 271.2(μm/yr)，不鏽鋼 3.9(μm/yr)。

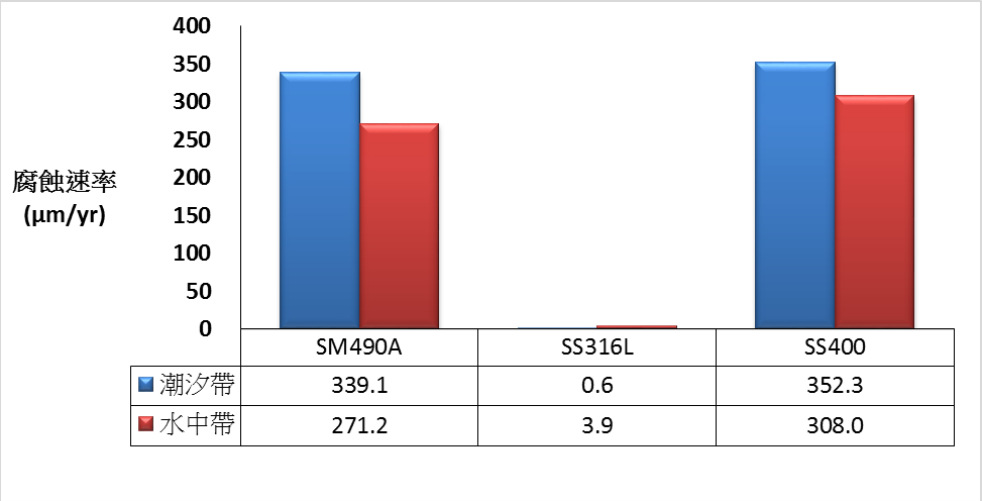


圖 4.6 布袋港暴放 2 年後金屬試片腐蝕速率與佈放位置比較圖

表 4-6 布袋港暴放 2 年後試片腐蝕速率

暴放地點	SM490A		SS316L		SS400	
	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)
潮汐帶	358.7	339.1	0.9	0.6	359.9	352.3
	325.4		0.7		348.9	
	333.1		0.3		348.2	
水中帶	406.2	271.2	0.0	3.9	357.1	308.0
	196.4		0.0		243.4	
	211.0		11.7		323.5	

4.1.7 安平港腐蝕速率分析

由安平港暴放 2 年後金屬暴露試驗結果，如圖 4.7 與表 4-7 之試片平均腐蝕速率，可發現

飛沫帶平均腐蝕速率依序為碳鋼(SM490A) 388.0(μm/yr)，低碳鋼(SS400) 349.7(μm/yr)，不鏽鋼(SS316L) 0.5(μm/yr)。潮汐帶依序為碳鋼 237.3(μm/yr)，低碳鋼 222.9(μm/yr)，不鏽鋼 4.4(μm/yr)。水中帶依序為碳鋼 205.4(μm/yr)，低碳鋼 197.4(μm/yr)，不鏽鋼 4.4(μm/yr)。

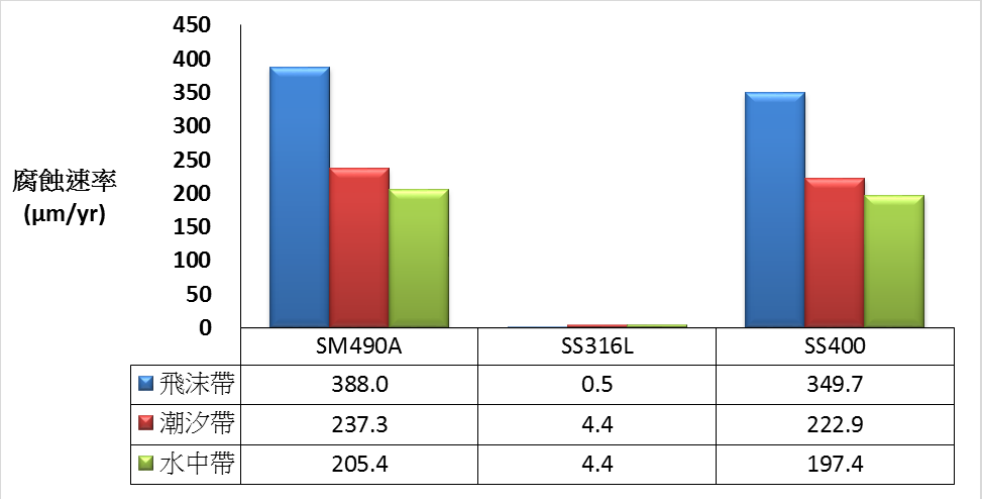


圖 4.7 安平港暴放 2 年後金屬試片腐蝕速率與佈放位置比較圖

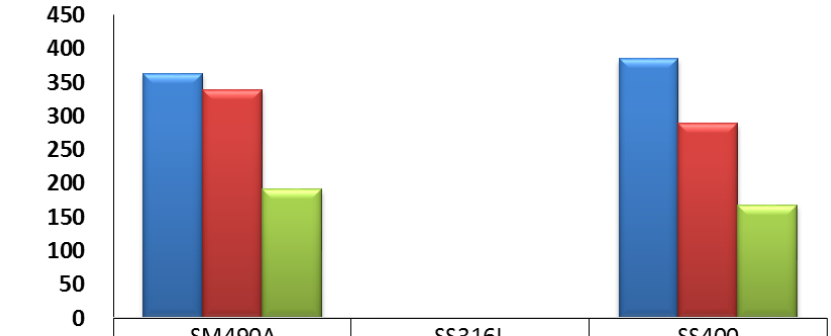
表4-7 安平港暴放2年後試片腐蝕速率

暴放地點	SM490A		SS316L		SS400	
	各試片腐蝕速率(μm/yr)	平均腐蝕速率(μm/yr)	各試片腐蝕速率(μm/yr)	平均腐蝕速率(μm/yr)	各試片腐蝕速率(μm/yr)	平均腐蝕速率(μm/yr)
飛沫帶	362.7	388.0	0.5	0.5	355.2	349.7
	406.4		0.3		344.4	
	395.1		0.5		349.6	
潮汐帶	282.1	237.3	7.1	4.4	230.4	222.9
	184.4		2.8		215.4	
	245.5		3.1		221.8	
水中帶	278.8	205.4	11.7	4.4	186.0	197.4
	169.2		1.0		190.1	
	168.2		0.5		216.2	

4.1.8高雄港區腐蝕速率分析

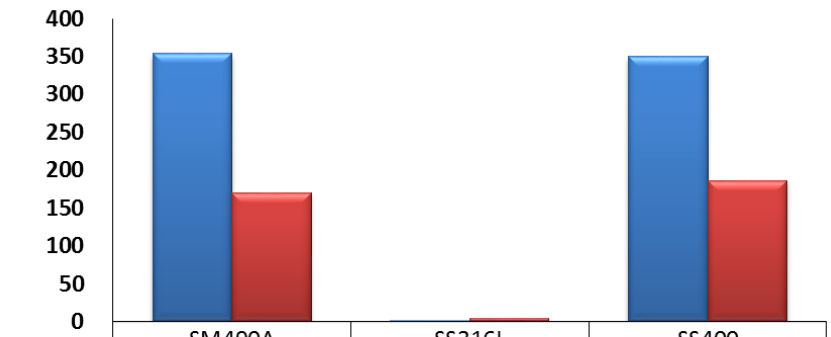
由高雄港 10 號碼頭、40 號碼頭和 75 號碼頭暴放 2 年後金屬暴露試驗結果，如圖 4.8 至圖 4.10 與表 4-8 至表 4-10 之試片平均腐蝕速率，可發現

高雄港 10 號碼頭飛沫帶平均腐蝕速率依序為低碳鋼(SS400) 385.0(μm/yr)，碳鋼(SM490A) 363.0(μm/yr)，不鏽鋼(SS316L) 0.7(μm/yr)。潮汐帶依序為碳鋼 339.4(μm/yr)，低碳鋼 289.2(μm/yr)，不鏽鋼 0.9(μm/yr)。水中帶依序為碳鋼 191.5(μm/yr)，低碳鋼 168.0(μm/yr)，不鏽鋼 0.6(μm/yr)。高雄港 40 號碼頭飛沫帶平均腐蝕速率依序為碳鋼 354.2(μm/yr)，低碳鋼 350.1(μm/yr)，不鏽鋼 0.6(μm/yr)。潮汐帶依序為低碳鋼 186.2(μm/yr)，碳鋼 169.9(μm/yr)，不鏽鋼 4.9(μm/yr)。高雄港 75 號碼頭飛沫帶平均腐蝕速率依序為低碳鋼 556.9(μm/yr)，碳鋼 502.7(μm/yr)，不鏽鋼 0.5(μm/yr)。潮汐帶依序為碳鋼 397.8(μm/yr)，低碳鋼 383.3(μm/yr)，不鏽鋼 0.3(μm/yr)。水中帶依序為碳鋼 331.2(μm/yr)，低碳鋼 290.9(μm/yr)，不鏽鋼 6.0(μm/yr)。



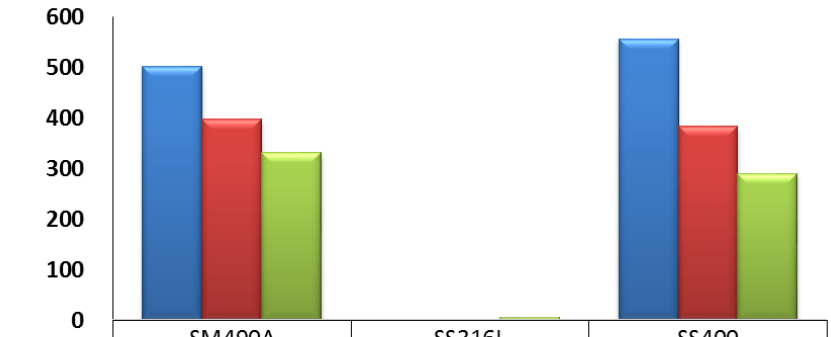
	SM490A	SS316L	SS400
飛沫帶	363.0	0.7	385.0
潮汐帶	339.4	0.9	289.2
水中帶	191.5	0.6	168.0

圖 4.8 高雄港 10 號碼頭暴放 2 年後金屬試片腐蝕速率與佈放位置比較圖



	SM490A	SS316L	SS400
飛沫帶	354.2	0.6	350.1
潮汐帶	169.9	4.9	186.2

圖 4.9 高雄港 40 號碼頭暴放 2 年後金屬試片腐蝕速率與佈放位置比較圖



	SM490A	SS316L	SS400
飛沫帶	502.7	0.5	556.9
潮汐帶	397.8	0.3	383.3
水中帶	331.2	6.0	290.9

圖 4.10 高雄港 75 號碼頭暴放 2 年後金屬試片腐蝕速率與佈放位置比較圖

表4-8 高雄港10號碼頭暴放2年後試片腐蝕速率

暴放地點	SM490A		SS316L		SS400	
	各試片腐蝕速率(μm/yr)	平均腐蝕速率(μm/yr)	各試片腐蝕速率(μm/yr)	平均腐蝕速率(μm/yr)	各試片腐蝕速率(μm/yr)	平均腐蝕速率(μm/yr)
飛沫帶	354.8	363.0	0.7	0.7	405.5	385.0
	377.6		0.7		357.7	
	356.7		0.7		391.7	
潮汐帶	430.3	339.4	1.2	0.9	242.5	289.2
	340.7		0.9		266.4	
	247.4		0.7		312.1	
水中帶	185.3	191.5	0.3	0.6	167.4	168.0
	217.6		0.3		171.2	
	171.6		1.0		165.4	

表4-9 高雄港40號碼頭暴放2年後試片腐蝕速率

暴放地點	SM490A		SS316L		SS400	
	各試片腐蝕速率(μm/yr)	平均腐蝕速率(μm/yr)	各試片腐蝕速率(μm/yr)	平均腐蝕速率(μm/yr)	各試片腐蝕速率(μm/yr)	平均腐蝕速率(μm/yr)
飛沫帶	336.4	354.2	0.3	0.6	342.7	350.1
	371.6		0.7		367.6	
	354.7		0.7		340.0	
潮汐帶	134.1	169.9	4.5	4.9	171.5	186.2
	191.2		4.0		193.3	
	184.4		6.3		193.8	

表4-10 高雄港75號碼頭暴放2年後試片腐蝕速率

暴放地點	SM490A		SS316L		SS400	
	各試片腐蝕速率(μm/yr)	平均腐蝕速率(μm/yr)	各試片腐蝕速率(μm/yr)	平均腐蝕速率(μm/yr)	各試片腐蝕速率(μm/yr)	平均腐蝕速率(μm/yr)
飛沫帶	506.3	502.7	0.5	0.5	557.2	556.9
	518.3		0.3		561.0	
	483.5		0.5		552.6	
潮汐帶	411.6	397.8	0.2	0.3	350.5	383.3
	370.5		0.3		382.0	
	411.4		0.3		417.5	
水中帶	382.8	331.2	10.6	6.0	27704	290.9
	391.6		0.2		292.9	
	279.8		7.1		302.4	

4.1.9 金門港區腐蝕速率分析

由料羅港和水頭港暴放 2 年後金屬暴露試驗結果，如圖 4.11、圖 4.12 與表 4-11、表 4-12 之試片平均腐蝕速率，可發現

料羅港潮汐帶依序為低碳鋼(SS400) 296.8(μm/yr)，碳鋼(SM490A) 223.0(μm/yr)，不鏽鋼(SS316L) 0.0 (μm/yr)。料羅港水中帶依序為低碳鋼 165.2(μm/yr)，碳鋼 162.7(μm/yr)，不鏽鋼 2.7(μm/yr)。水頭港潮汐帶依序為低碳鋼 245.7 (μm/yr)，碳鋼 208.8(μm/yr)，不鏽鋼 0.1(μm/yr)。水頭港水中帶依序為低碳鋼 211.9(μm/yr)，碳鋼 176.8(μm/yr)，不鏽鋼 0.2 (μm/yr)。

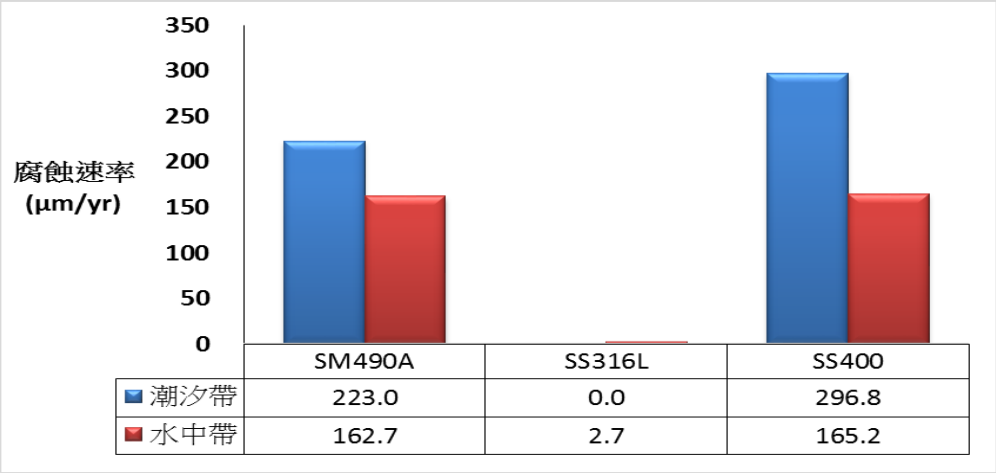


圖 4.11 料羅港暴放 2 年後金屬試片腐蝕速率與佈放位置比較圖

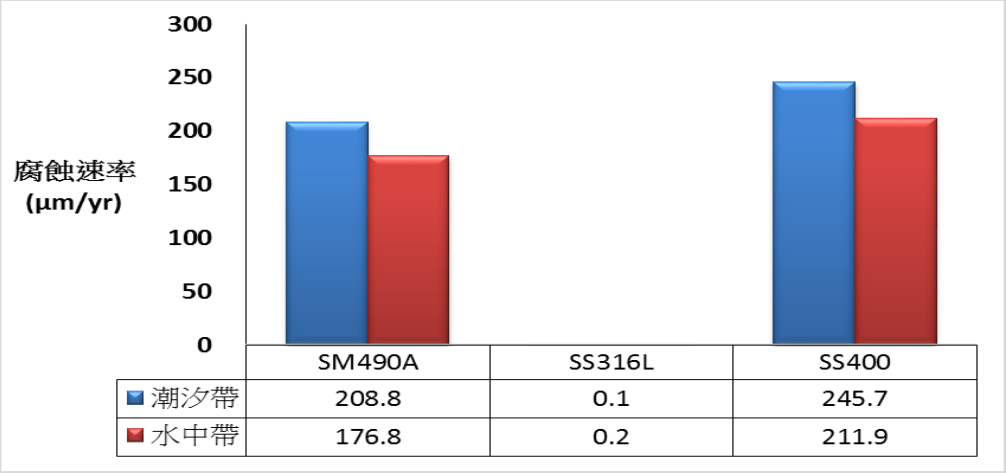


圖 4.12 水頭港暴放 2 年後金屬試片腐蝕速率與佈放位置比較圖

表 4-11 料羅港暴放 2 年後試片腐蝕速率

暴放地點	SM490A		SS316L		SS400	
	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)
潮汐帶	227.5	223.0	0.0	0.0	295.8	296.8
	226.4		0.0		311.5	
	215.2		0.0		282.9	
水中帶	153.8	162.7	0.0	2.7	162.6	165.2
	172.7		0.0		200.6	
	161.5		8.0		132.3	

表 4-12 水頭港暴放 2 年後試片腐蝕速率

暴放地點	SM490A		SS316L		SS400	
	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)
潮汐帶	235.0	208.8	0.2	0.1	246.4	245.7
	210.1		0.0		259.3	
	181.3		0.2		231.3	
水中帶	151.0	176.8	0.6	0.2	207.1	211.9
	178.1		0.0		158.9	
	201.3		0.0		269.6	

4.1.10馬祖福澳港腐蝕速率分析

由福澳港暴放 2 年後金屬暴露試驗結果，如圖 4.13 與表 4-13 之試片平均腐蝕速率，可發現

飛沫帶平均腐蝕速率依序為低碳鋼(SS400) 322.5(μm/yr)，碳鋼(SM490A) 318.3(μm/yr)，不鏽鋼(SS316L) 0.0(μm/yr)。潮汐帶依序為碳鋼 188.2(μm/yr)，低碳鋼 181.5(μm/yr)，不鏽鋼 0.0(μm/yr)。水中帶依序為低碳鋼 292.1(μm/yr)，碳鋼 183.4(μm/yr)，不鏽鋼 0.0(μm/yr)。

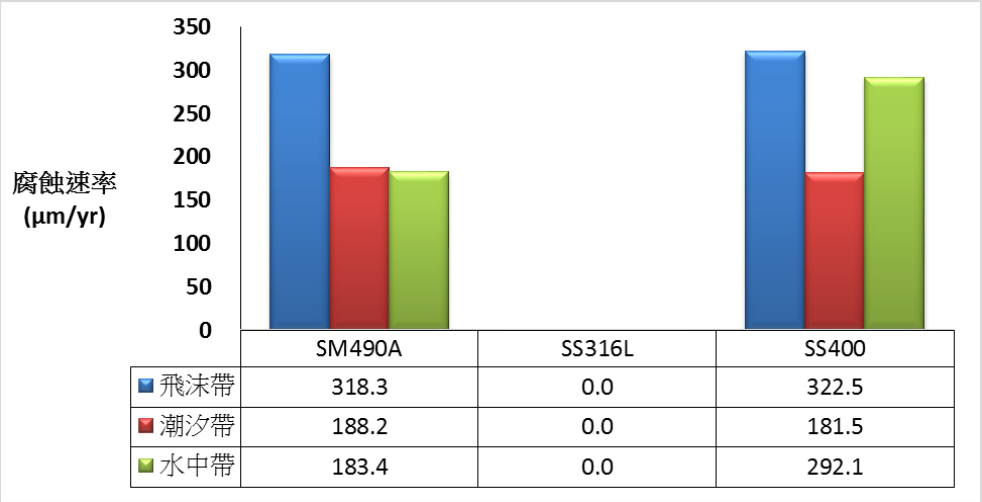


圖 4.13　馬祖福澳港暴放 2 年後金屬試片腐蝕速率與佈放位置比較圖

表4-13 馬祖福澳港暴放2年後試片腐蝕速率

暴放地點	SM490A		SS316L		SS400	
	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)
飛沫帶	328.3	318.3	0.0	0.0	358.9	322.5
	313.9		0.0		343.0	
	312.7		0.0		302.1	
潮汐帶	183.9	188.2	0.0	0.0	203.5	181.5
	204.7		0.0		186.0	
	186.0		0.0		155.0	
水中帶	179.2	183.4	0.0	0.0	243.7	292.1
	168.3		0.0		161.0	
	202.6		0.0		341.5	

4.1.11澎湖龍門港腐蝕速率分析

由龍門港暴放 2 年後金屬暴露試驗結果，如圖 4.14 與表 4-14 之試片平均腐蝕速率，可發現

潮汐帶平均腐蝕速率依序為低碳鋼(SS400) 223.9(μm/yr)，碳鋼(SM490A) 187.2(μm/yr)，不鏽鋼(SS316L) 0.7(μm/yr)。水中帶依序為碳鋼 196.9(μm/yr)，低碳鋼 117.8(μm/yr)，不鏽鋼 0.9(μm/yr)。

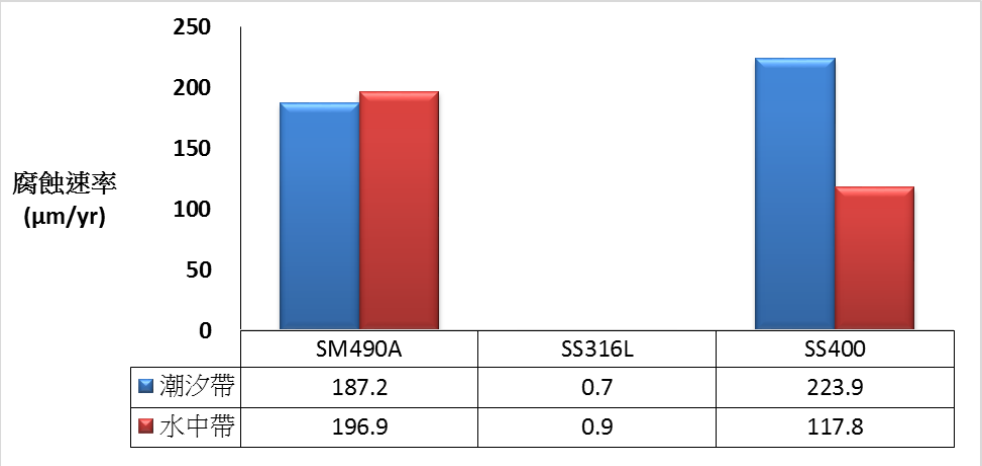


圖 4.14　澎湖龍門港暴放 2 年後金屬試片腐蝕速率與佈放位置比較圖

表 4-14 澎湖龍門港暴放 2 年後試片腐蝕速率

暴放地點	SM490A		SS316L		SS400	
	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)
潮汐帶	185.0	187.2	0.7	0.7	235.3	223.9
	205.7		0.9		232.6	
	171.0		0.7		203.8	
水中帶	330.7	196.9	0.9	0.9	108.2	117.8
	155.1		1.4		122.2	
	104.7		0.5		123.2	

4.1.12 港研中心循環水槽腐蝕速率分析

由港研中心循環水槽暴放 2 年後金屬暴露試驗結果，如圖 4.15 與表 4-15 之試片平均腐蝕速率，可發現

潮汐帶依序為低碳鋼(SS400) 447.0(μm/yr)，碳鋼(SM490A) 412.7(μm/yr)，不鏽鋼(SS316L) 0.5(μm/yr)。

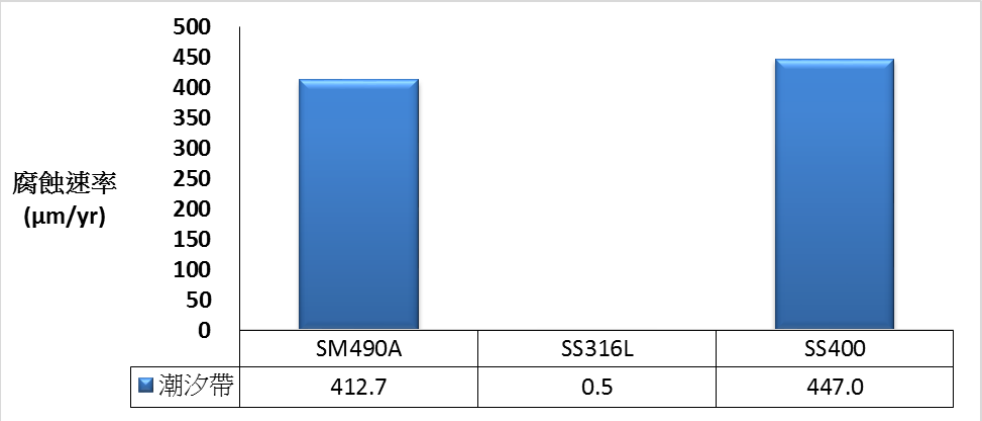


圖 4.15 港研中心循環水槽暴放 2 年後金屬試片腐蝕速率與佈放位置比較圖

表 4-15 港研中心循環水槽暴放 2 年後試片腐蝕速率

暴放地點	SM490A		SS316L		SS400	
	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)
潮汐帶	397.2	412.7	0.5	0.5	438.1	447.0
	396.7		0.3		442.4	
	428.7		0.5		451.5	

4.2 各港區暴放 2 年後不同位置金屬腐蝕速率分析

4.2.1各港區暴放2年後飛沫帶金屬腐蝕速率分析

由各港區暴放 2 年後飛沫帶金屬暴露試驗結果，如圖 4.16 試片平均腐蝕速率，可發現碳鋼介於 309~743(μm/yr)，最大腐蝕速率發生於臺北港，低碳鋼介於 323~729(μm/yr)，最大腐蝕速率發生於基隆港。

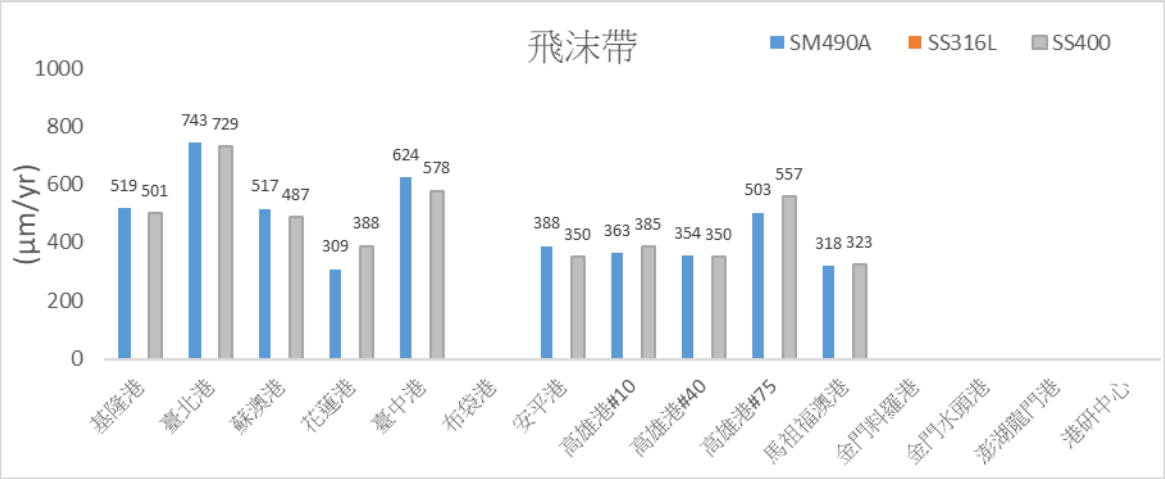


圖 4.16 各港區暴放 2 年後飛沫帶金屬腐蝕速率分析

4.2.2各港區暴放2年後潮汐帶金屬腐蝕速率分析

由各港區暴放 2 年後潮汐帶金屬暴露試驗結果，如圖 4.17 試片平均腐蝕速率，可發現碳鋼介於 170~425(μm/yr)，最大腐蝕速率發生於臺北港，低碳鋼介於 182~586(μm/yr)，最大腐蝕速率發生於基隆港。

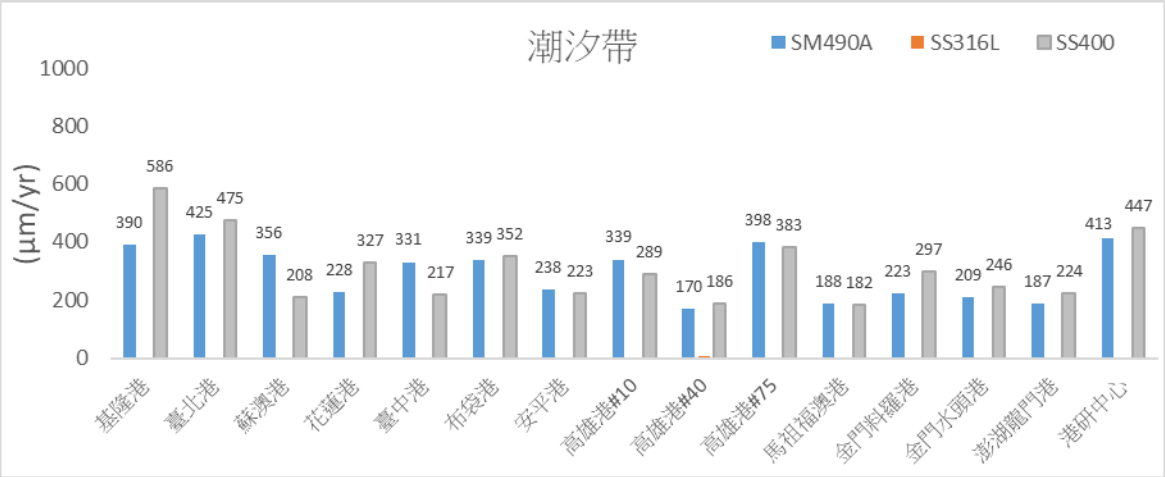


圖 4.17 各港區暴放 2 年後潮汐帶金屬腐蝕速率分析

4.2.3各港區暴放2年後水中帶金屬腐蝕速率分析

由各港區暴放 2 年後水中帶金屬暴露試驗結果，如圖 4.18 試片平均腐蝕速率，可發現碳鋼介於 160~334(μm/yr)，最大腐蝕速率發生於基隆港，低碳鋼介於 118~502(μm/yr)，最大腐蝕速率也發生於基隆港。

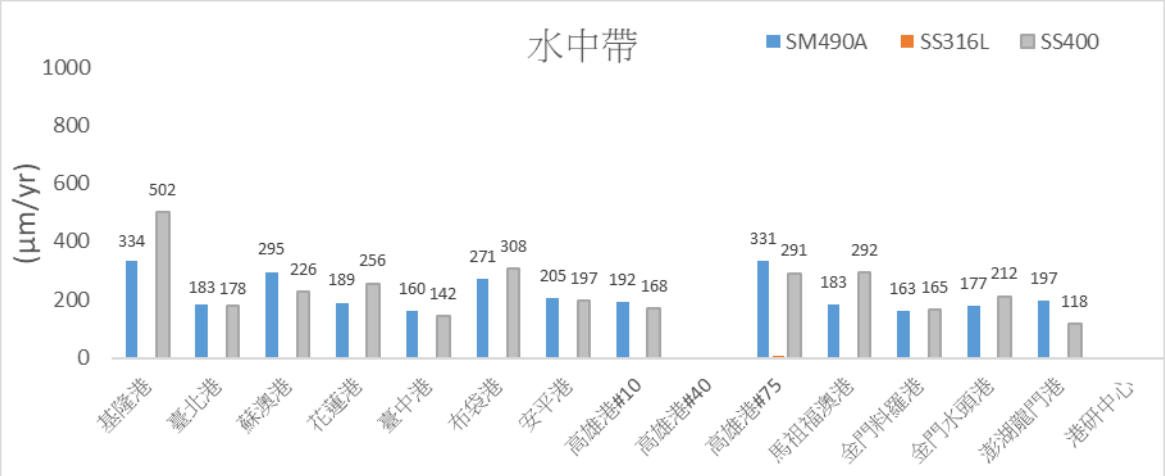


圖 4.18 各港區暴放 2 年後水中帶金屬腐蝕速率分析

4.3 各港區暴放 2 年後不同金屬水下腐蝕速率分析

由各港區暴放 2 年後**碳鋼**金屬暴露試驗結果，如圖 4.19 試片平均腐蝕速率，可發現，飛沫帶最大腐蝕速率發生於臺北港 743(μm/yr)，潮汐帶最大腐蝕速率發生於臺北港 425(μm/yr)，水中帶最大腐蝕速率發生於基隆港 334(μm/yr)。

由各港區暴放 2 年後**低碳鋼**金屬暴露試驗結果，如圖 4.20 試片平均腐蝕速率，可發現，飛沫帶最大腐蝕速率發生於臺北港 729(μm/yr)，潮汐帶最大腐蝕速率發生於基隆港 586(μm/yr)，水中帶最大腐蝕速率發生於基隆港 502 (μm/yr)。

由各港區暴放 2 年後**不銹鋼**金屬暴露試驗結果，如圖 4.21 試片平均腐蝕速率，可發現，飛沫帶最大腐蝕速率發生於高雄港 10 號碼頭 0.7 (μm/yr)，潮汐帶最大腐蝕速率發生於高雄港 40 號碼頭 4.9 (μm/yr)，水中帶最大腐蝕速率發生於高雄港 75 號碼頭 6 (μm/yr)。

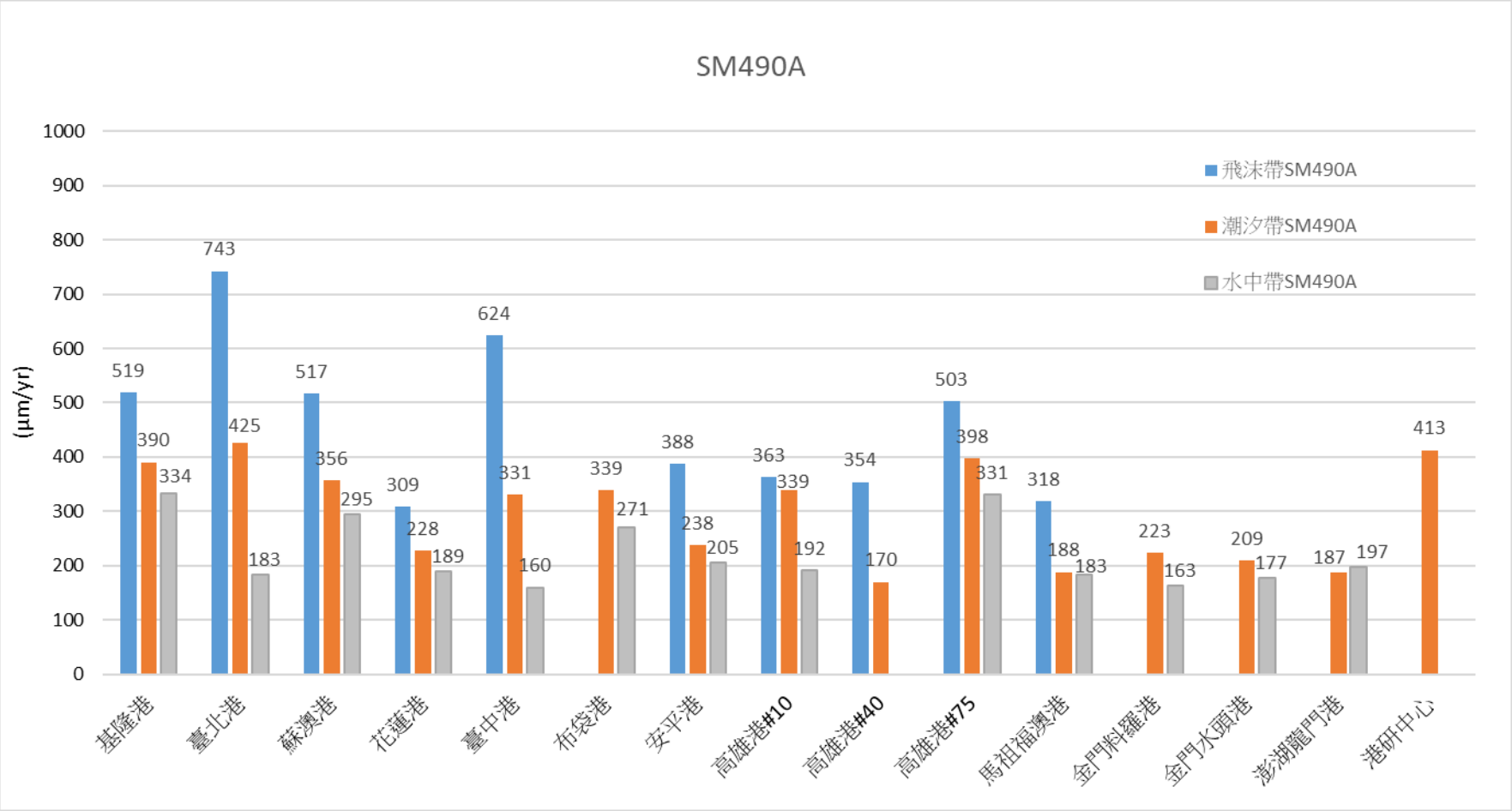


圖 4.19 各港區暴放 2 年後碳鋼金屬水下腐蝕速率分析

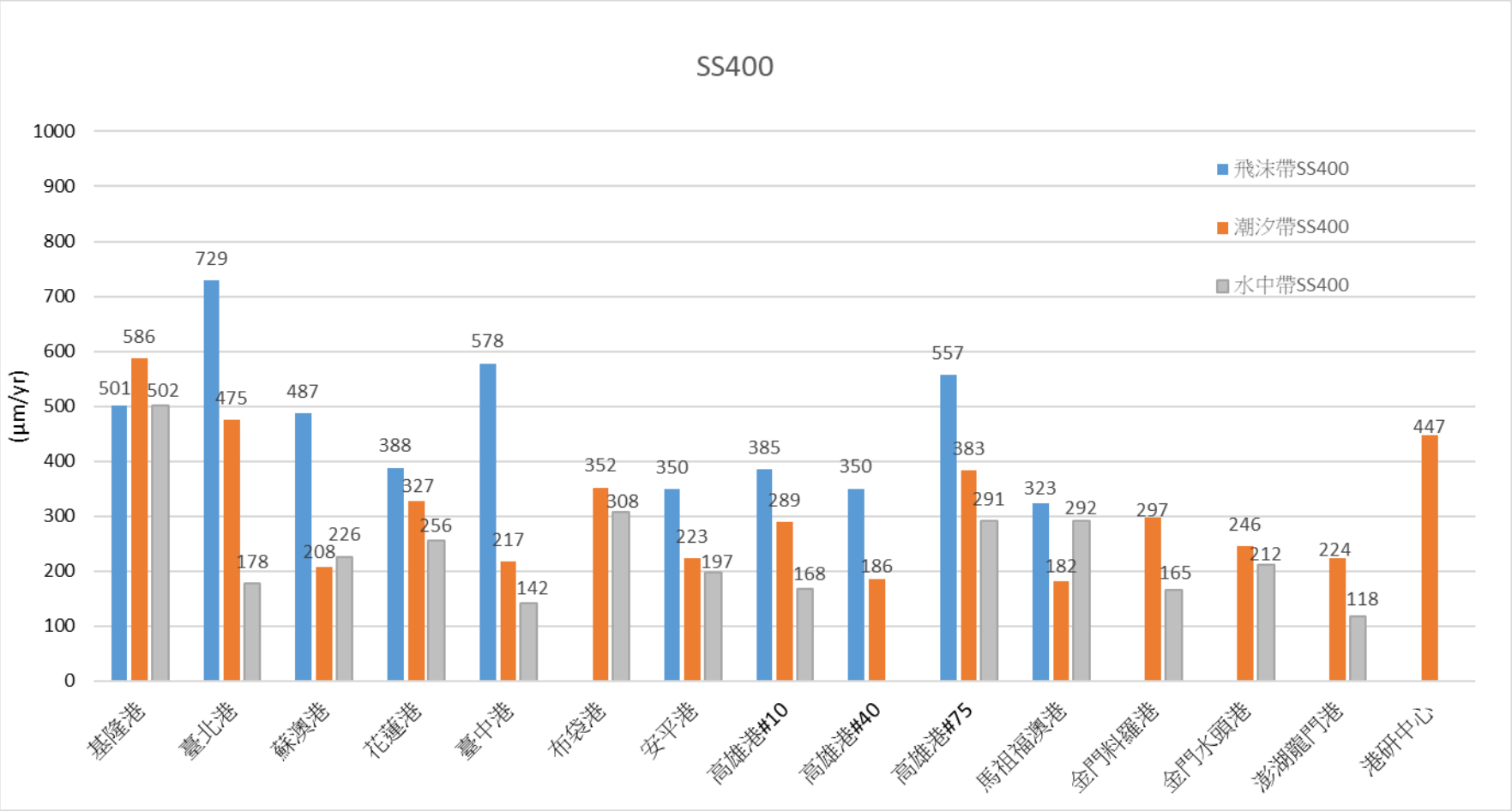


圖 4.20 各港區暴放 2 年後低碳鋼金屬水下腐蝕速率分析

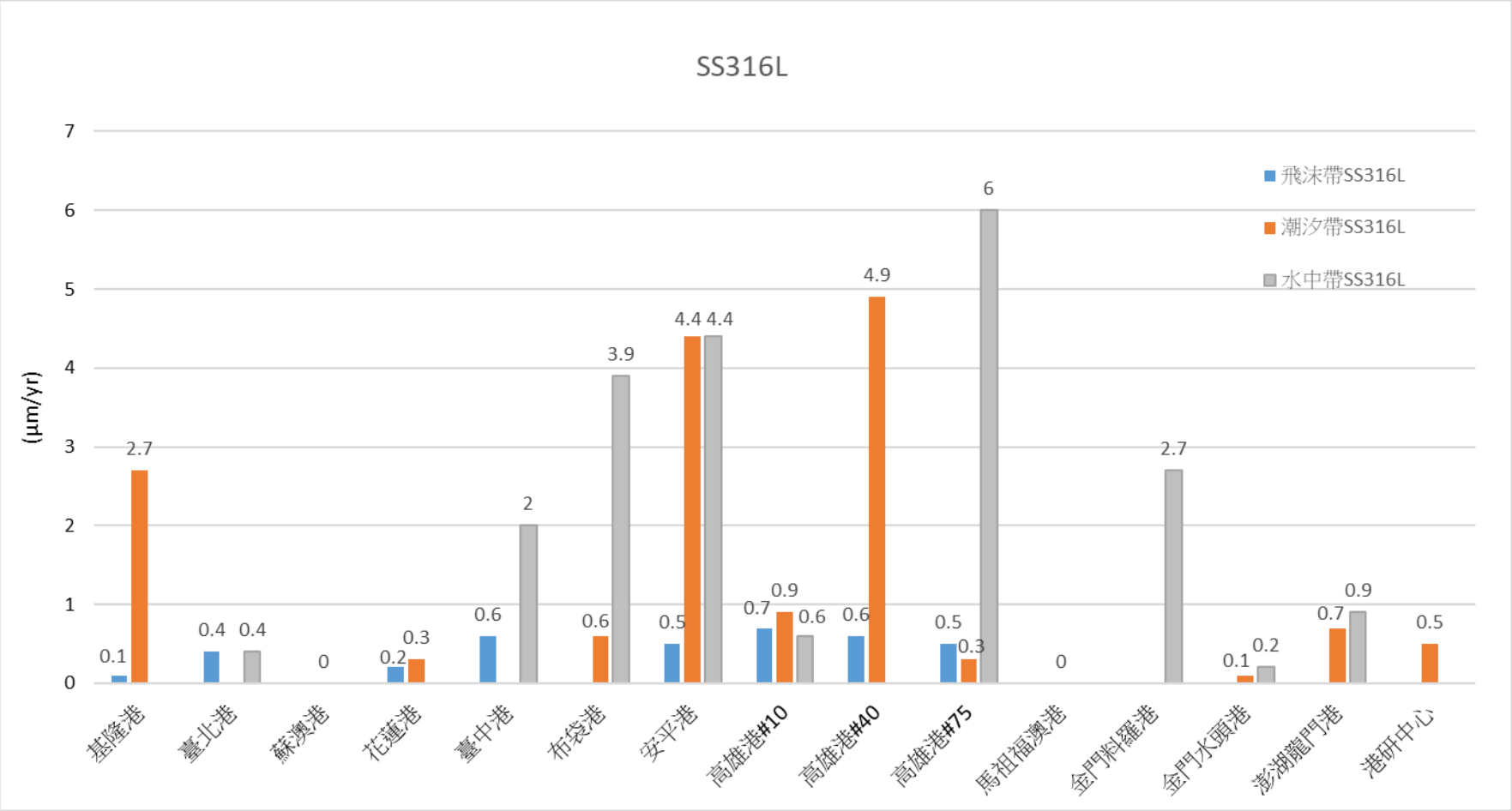


圖 4.21 各港區暴放 2 年後不銹鋼金屬水下腐蝕速率分析

4.4 水下金屬試片之外觀變化

本研究為長期水下暴放試驗，定期採集不同地點、位置、金屬材料試片之附著海生物樣本現場進行拍照，以了解附著海生物之種類差異，期能完整了解各港附著海生物之種類與變化，進而建置於水下腐蝕資料庫之展示。

原始重量(g)	1116.5
腐蝕後實際重量(g)	750.8
重量變化(g)	365.7
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.517
腐蝕速率(μm/year)	516.8

材質：鋼材 SM490A
代號：KLS21

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1146.0
腐蝕後實際重量(g)	1145.9
重量變化(g)	0.1
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.0
腐蝕速率(μm/year)	0.1

材質：鋼材 SS316L
代號：KLS24

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1122.0
腐蝕後實際重量(g)	769.7
重量變化(g)	352.3
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.498
腐蝕速率(μm/year)	497.9

材質：鋼材 SS400
代號：KLS27

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

圖 4.22 基隆港飛沫帶金屬試驗分析結果(2 年期)

原始重量(g)	1106.4
腐蝕後實際重量(g)	850.4
重量變化(g)	256.0
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.362
腐蝕速率(μm/year)	361.8

材質：鋼材 SM490A
代號：KLT21

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1150.3
腐蝕後實際重量(g)	1149.1
重量變化(g)	1.2
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.002
腐蝕速率(μm/year)	1.7

材質：鋼材 SS316L
代號：KLT26

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1113.8
腐蝕後實際重量(g)	754.1
重量變化(g)	359.7
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.508
腐蝕速率(μm/year)	508.4

材質：鋼材 SS400
代號：KLT27

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

圖 4.23 基隆港潮汐帶金屬試驗分析結果(2 年期)

原始重量(g)	1124.5
腐蝕後實際重量(g)	901.3
重量變化(g)	223.2
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.315
腐蝕速率(μm/year)	315.4

材質：鋼材 SM490A
代號：KLW21

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1145.4
腐蝕後實際重量(g)	1145.4
重量變化(g)	0.0
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.0
腐蝕速率(μm/year)	0.0

材質：鋼材 SS316L
代號：KLW24

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1117.4
腐蝕後實際重量(g)	770.7
重量變化(g)	346.7
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.490
腐蝕速率(μm/year)	490.0

材質：鋼材 SS400
代號：KLW27

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

圖 4.24 基隆港水中帶金屬試驗分析結果(2 年期)

原始重量(g)	1120.3	原始重量(g)	1142.8	原始重量(g)	1110.3
腐蝕後實際重量(g)	705.4	腐蝕後實際重量(g)	1142.6	腐蝕後實際重量(g)	708.1
重量變化(g)	414.9	重量變化(g)	0.2	重量變化(g)	402.2
表面積(cm^2)	350	表面積(cm^2)	350	表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85	密度(g/cm^3)	7.85	密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.763	腐蝕速率(mm/year)	0.0	腐蝕速率(mm/year)	0.740
腐蝕速率(μm/year)	763.4	腐蝕速率(μm/year)	0.4	腐蝕速率(μm/year)	740.0
材質：鋼材 SM490A 代號：TPS21		材質：鋼材 SS316L 代號：TPS24		材質：鋼材 SS400 代號：TPS27	
					
第 2 年取樣後		第 2 年取樣後		第 2 年取樣後	
					
第 2 年清洗後		第 2 年清洗後		第 2 年清洗後	

圖 4.25 臺北港飛沫帶金屬試驗分析結果(2 年期)

原始重量(g)	1108.0
腐蝕後實際重量(g)	873.5
重量變化(g)	234.5
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.431
腐蝕速率(μm/year)	431.5

材質：鋼材 SM490A
代號：TPT21

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1142.4
腐蝕後實際重量(g)	1142.4
重量變化(g)	0.0
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.0
腐蝕速率(μm/year)	0.0

材質：鋼材 SS316L
代號：TPT24

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1114.6
腐蝕後實際重量(g)	858.5
重量變化(g)	256.1
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.471
腐蝕速率(μm/year)	471.2

材質：鋼材 SS400
代號：TPT27

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

圖 4.26 臺北港潮汐帶金屬試驗分析結果(2 年期)

原始重量(g)	1119.0
腐蝕後實際重量(g)	1024.5
重量變化(g)	94.5
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.174
腐蝕速率(μm/year)	173.9

材質：鋼材 SM490A
代號：TPW21

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1149.9
腐蝕後實際重量(g)	1149.7
重量變化(g)	0.2
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.0
腐蝕速率(μm/year)	0.4

材質：鋼材 SS316L
代號：TPW24

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1118.6
腐蝕後實際重量(g)	1022.6
重量變化(g)	96.0
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.177
腐蝕速率(μm/year)	176.6

材質：鋼材 SS400
代號：TPW27

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

圖 4.27 臺北港水中帶金屬試驗分析結果(2 年期)

原始重量(g)	1131.6
腐蝕後實際重量(g)	787.6
重量變化(g)	344.0
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.514
腐蝕速率(μm/year)	514.1

材質：鋼材 SM490A
代號：SS21

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1157.3
腐蝕後實際重量(g)	1157.3
重量變化(g)	0.0
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.0
腐蝕速率(μm/year)	0.0

材質：鋼材 SS316L
代號：SS24

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1119.1
腐蝕後實際重量(g)	767.1
重量變化(g)	352.0
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.526
腐蝕速率(μm/year)	526.0

材質：鋼材 SS400
代號：SS27

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

圖 4.28 蘇澳港飛沫帶金屬試驗分析結果(2 年期)

原始重量(g)	1132.5
腐蝕後實際重量(g)	878.7
重量變化(g)	253.8
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.379
腐蝕速率(μm/year)	379.3

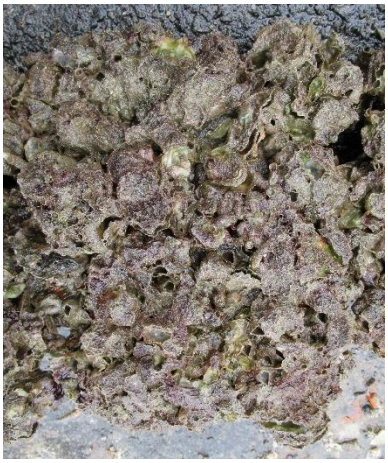
材質：鋼材 SM490A
代號：ST21

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1149.7
腐蝕後實際重量(g)	1149.7
重量變化(g)	0.0
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.0
腐蝕速率(μm/year)	0.0

材質：鋼材 SS316L
代號：ST24



第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1162.8
腐蝕後實際重量(g)	1009.6
重量變化(g)	153.2
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.229
腐蝕速率(μm/year)	228.9

材質：鋼材 SS400
代號：ST27

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

圖 4.29 蘇澳港潮汐帶金屬試驗分析結果(2 年期)

原始重量(g)	1138.7
腐蝕後實際重量(g)	914.9
重量變化(g)	223.8
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.334
腐蝕速率(μm/year)	334.4

材質：鋼材 SM490A
代號：SW21

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1143.3
腐蝕後實際重量(g)	1143.3
重量變化(g)	0.0
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.0
腐蝕速率(μm/year)	0.0

材質：鋼材 SS316L
代號：SW24

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1147.5
腐蝕後實際重量(g)	992.8
重量變化(g)	154.7
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.231
腐蝕速率(μm/year)	231.2

材質：鋼材 SS400
代號：SW27

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

圖 4.30 蘇澳港水中帶金屬試驗分析結果(2 年期)

原始重量(g)	1102.7
腐蝕後實際重量(g)	891.0
重量變化(g)	211.7
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.302
腐蝕速率(μm/year)	301.8

材質：鋼材 SM490A
代號：HLS21

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1155.3
腐蝕後實際重量(g)	1155.1
重量變化(g)	0.2
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.0
腐蝕速率(μm/year)	0.3

材質：鋼材 SS316L
代號：HLS24

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1117.7
腐蝕後實際重量(g)	848.5
重量變化(g)	269.2
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.384
腐蝕速率(μm/year)	383.7

材質：鋼材 SS400
代號：HLS27

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

圖 4.31 花蓮港飛沫帶金屬試驗分析結果(2 年期)

原始重量(g)	1124.5
腐蝕後實際重量(g)	952.6
重量變化(g)	171.9
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.245
腐蝕速率(μm/year)	245.0

材質：鋼材 SM490A
代號：HLT21

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1145.0
腐蝕後實際重量(g)	1145.0
重量變化(g)	0.0
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.0
腐蝕速率(μm/year)	0.0

材質：鋼材 SS316L
代號：HLT24

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1124.2
腐蝕後實際重量(g)	934.8
重量變化(g)	189.4
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.270
腐蝕速率(μm/year)	270.0

材質：鋼材 SS400
代號：HLT27

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

圖 4.32 花蓮港潮汐帶金屬試驗分析結果(2 年期)

原始重量(g)	1100.7
腐蝕後實際重量(g)	961.8
重量變化(g)	138.9
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.198
腐蝕速率(μm/year)	198.0

材質：鋼材 SM490A
代號：HLW21

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1158.1
腐蝕後實際重量(g)	1158.1
重量變化(g)	0.0
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.0
腐蝕速率(μm/year)	0.0

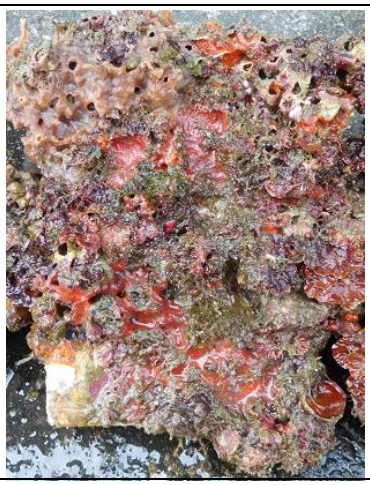
材質：鋼材 SS316L
代號：HLW24

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1130.4
腐蝕後實際重量(g)	1010.9
重量變化(g)	119.5
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.170
腐蝕速率(μm/year)	170.3

材質：鋼材 SS400
代號：HLW27



第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

圖 4.33 花蓮港水中帶金屬試驗分析結果(2 年期)

<table>
<tr>
<td>
<table>
<tr><td>原始重量(g)</td><td>1840.0</td></tr>
<tr><td>腐蝕後實際重量(g)</td><td>1332.0</td></tr>
<tr><td>重量變化(g)</td><td>508.0</td></tr>
<tr><td>表面積(cm^2)</td><td>472</td></tr>
<tr><td>密度(g/cm^3)</td><td>7.85</td></tr>
<tr><td>腐蝕速率(mm/year)</td><td>0.633</td></tr>
<tr><td>腐蝕速率(μm/year)</td><td>632.7</td></tr>
</table>
</td>
<td>
<table>
<tr><td>原始重量(g)</td><td>3305.0</td></tr>
<tr><td>腐蝕後實際重量(g)</td><td>3304.5</td></tr>
<tr><td>重量變化(g)</td><td>0.5</td></tr>
<tr><td>表面積(cm^2)</td><td>520</td></tr>
<tr><td>密度(g/cm^3)</td><td>7.85</td></tr>
<tr><td>腐蝕速率(mm/year)</td><td>0.001</td></tr>
<tr><td>腐蝕速率(μm/year)</td><td>0.6</td></tr>
</table>
</td>
<td>
<table>
<tr><td>原始重量(g)</td><td>1532.0</td></tr>
<tr><td>腐蝕後實際重量(g)</td><td>1083.3</td></tr>
<tr><td>重量變化(g)</td><td>448.7</td></tr>
<tr><td>表面積(cm^2)</td><td>460</td></tr>
<tr><td>密度(g/cm^3)</td><td>7.85</td></tr>
<tr><td>腐蝕速率(mm/year)</td><td>0.573</td></tr>
<tr><td>腐蝕速率(μm/year)</td><td>573.4</td></tr>
</table>
</td>
</tr>
<tr><td>材質：鋼材 SM490A
代號：1-2-1</td><td>材質：鋼材 SS316L
代號：1-2-7</td><td>材質：鋼材 SS400
代號：1-2-10</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>第 2 年取樣後</td><td>第 2 年取樣後</td><td>第 2 年取樣後</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>第 2 年清洗後</td><td>第 2 年清洗後</td><td>第 2 年清洗後</td></tr>
</table>

圖 4.34 臺中港飛沫帶金屬試驗分析結果(2 年期)

原始重量(g)	1826.0
腐蝕後實際重量(g)	1558.7
重量變化(g)	267.3
表面積(cm^2)	472
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.333
腐蝕速率(μm/year)	332.9

材質：鋼材 SM490A
代號：2-2-1

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	3252.0
腐蝕後實際重量(g)	3252.0
重量變化(g)	0.0
表面積(cm^2)	520
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0
腐蝕速率(μm/year)	0

材質：鋼材 SS316L
代號：2-2-7

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1536.0
腐蝕後實際重量(g)	1350.9
重量變化(g)	185.1
表面積(cm^2)	460
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.237
腐蝕速率(μm/year)	236.5

材質：鋼材 SS400
代號：2-2-10

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

圖 4.35 臺中港潮汐帶金屬試驗分析結果(2 年期)

原始重量(g)	1856.0
腐蝕後實際重量(g)	1742.8
重量變化(g)	113.2
表面積(cm^2)	472
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.141
腐蝕速率(μm/year)	141.0

材質：鋼材 SM490A
代號：3-2-1

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	3302.0
腐蝕後實際重量(g)	3301.0
重量變化(g)	1.0
表面積(cm^2)	520
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.001
腐蝕速率(μm/year)	1.1

材質：鋼材 SS316L
代號：3-2-7

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1536.0
腐蝕後實際重量(g)	1426.5
重量變化(g)	109.5
表面積(cm^2)	460
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.140
腐蝕速率(μm/year)	139.9

材質：鋼材 SS400
代號：3-2-10

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

圖 4.36 臺中港水中帶金屬試驗分析結果(2 年期)

原始重量(g)	1161.3
腐蝕後實際重量(g)	955.3
重量變化(g)	206.0
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.359
腐蝕速率(μm/year)	358.7

材質：鋼材 SM490A
代號：BDT21

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1127.0
腐蝕後實際重量(g)	1126.5
重量變化(g)	0.5
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.001
腐蝕速率(μm/year)	0.9

材質：鋼材 SS316L
代號：BDT24

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1137.3
腐蝕後實際重量(g)	930.6
重量變化(g)	206.7
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.360
腐蝕速率(μm/year)	359.9

材質：鋼材 SS400
代號：BDT27

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

圖 4.37 布袋港潮汐帶金屬試驗分析結果(2 年期)

原始重量(g)	1156.7
腐蝕後實際重量(g)	1035.5
重量變化(g)	121.2
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.211
腐蝕速率(μm/year)	211.0

材質：鋼材 SM490A
代號：BDW23

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1136.3
腐蝕後實際重量(g)	1136.3
重量變化(g)	0.0
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.0
腐蝕速率(μm/year)	0.0

材質：鋼材 SS316L
代號：BDW24

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1136.0
腐蝕後實際重量(g)	930.9
重量變化(g)	205.1
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.357
腐蝕速率(μm/year)	357.1

材質：鋼材 SS400
代號：BDW27

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

圖 4.38 布袋港水中帶金屬試驗分析結果(2 年期)

原始重量(g)	1156.7
腐蝕後實際重量(g)	948.4
重量變化(g)	208.3
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.363
腐蝕速率(μm/year)	362.7

材質：鋼材 SM490A
代號：APS21

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1139.7
腐蝕後實際重量(g)	1139.4
重量變化(g)	0.3
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.001
腐蝕速率(μm/year)	0.5

材質：鋼材 SS316L
代號：

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1139.1
腐蝕後實際重量(g)	935.1
重量變化(g)	204.0
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.355
腐蝕速率(μm/year)	355.2

材質：鋼材 SS400
代號：

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

圖 4.39 安平港飛沫帶金屬試驗分析結果(2 年期)

原始重量(g)	1165.5
腐蝕後實際重量(g)	1024.5
重量變化(g)	141.0
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.245
腐蝕速率(μm/year)	245.5

材質：鋼材 SM490A
代號：APT23

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1161.5
腐蝕後實際重量(g)	1159.7
重量變化(g)	1.8
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.003
腐蝕速率(μm/year)	3.1

材質：鋼材 SS316L
代號：APT26

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1140.0
腐蝕後實際重量(g)	1012.6
重量變化(g)	127.4
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.230
腐蝕速率(μm/year)	221.8

材質：鋼材 SS400
代號：APT29

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

圖 4.40 安平港潮汐帶金屬試驗分析結果(2 年期)

原始重量(g)	1151.6
腐蝕後實際重量(g)	10544
重量變化(g)	97.2
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.279
腐蝕速率(μm/year)	169.2

材質：鋼材 SM490A
代號：APW22

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1135.9
腐蝕後實際重量(g)	1135.3
重量變化(g)	0.6
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.012
腐蝕速率(μm/year)	1.0

材質：鋼材 SS316L
代號：APW25

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1139.4
腐蝕後實際重量(g)	1030.2
重量變化(g)	109.2
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.186
腐蝕速率(μm/year)	190.1

材質：鋼材 SS400
代號：APW28

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

圖 4.41 安平港水中帶金屬試驗分析結果(2 年期)

原始重量(g)	1158.3
腐蝕後實際重量(g)	954.8
重量變化(g)	203.5
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.355
腐蝕速率(μm/year)	354.8

材質：鋼材 SM490A
代號：KA1S21

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1136.3
腐蝕後實際重量(g)	1138.9
重量變化(g)	0.4
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.001
腐蝕速率(μm/year)	0.7

材質：鋼材 SS316L
代號：KA1S24

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1138.6
腐蝕後實際重量(g)	906.0
重量變化(g)	232.6
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.406
腐蝕速率(μm/year)	405.5

材質：鋼材 SS400
代號：KA1S27

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

圖 4.42 高雄港 10 號碼頭飛沫帶金屬試驗分析結果(2 年期)

原始重量(g)	1153.9
腐蝕後實際重量(g)	958.5
重量變化(g)	195.4
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.341
腐蝕速率(μm/year)	340.7

材質：鋼材 SM490A
代號：KA1T22

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1160.2
腐蝕後實際重量(g)	1159.7
重量變化(g)	0.5
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.001
腐蝕速率(μm/year)	0.9

材質：鋼材 SS316L
代號：KA1T25

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1133.9
腐蝕後實際重量(g)	981.1
重量變化(g)	152.8
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.266
腐蝕速率(μm/year)	266.4

材質：鋼材 SS400
代號：KA1T28

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

圖 4.43 高雄港 10 號碼頭潮汐帶金屬試驗分析結果(2 年期)

原始重量(g)	1161.3
腐蝕後實際重量(g)	1055.0
重量變化(g)	106.3
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.185
腐蝕速率(μm/year)	185.3

材質：鋼材 SM490A
代號：KA1W21

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1137.7
腐蝕後實際重量(g)	1137.5
重量變化(g)	0.2
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.0
腐蝕速率(μm/year)	0.3

材質：鋼材 SS316L
代號：KA1W24

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1141.6
腐蝕後實際重量(g)	1045.6
重量變化(g)	96.0
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.167
腐蝕速率(μm/year)	167.4

材質：鋼材 SS400
代號：KA1W27

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

圖 4.44 高雄港 10 號碼頭水中帶金屬試驗分析結果(2 年期)

原始重量(g)	1164.5
腐蝕後實際重量(g)	971.3
重量變化(g)	193.2
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.336
腐蝕速率(μm/year)	336.4

材質：鋼材 SM490A
代號：KA2S21

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1122.5
腐蝕後實際重量(g)	1122.3
重量變化(g)	0.2
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.0
腐蝕速率(μm/year)	0.3

材質：鋼材 SS316L
代號：KA2S24

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1133.6
腐蝕後實際重量(g)	936.8
重量變化(g)	196.8
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.343
腐蝕速率(μm/year)	342.7

材質：鋼材 SS400
代號：KA2S27

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

圖 4.45 高雄港 40 號碼頭飛沫帶金屬試驗分析結果(2 年期)

原始重量(g)	1160.2
腐蝕後實際重量(g)	1083.2
重量變化(g)	77.0
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.134
腐蝕速率(μm/year)	134.1

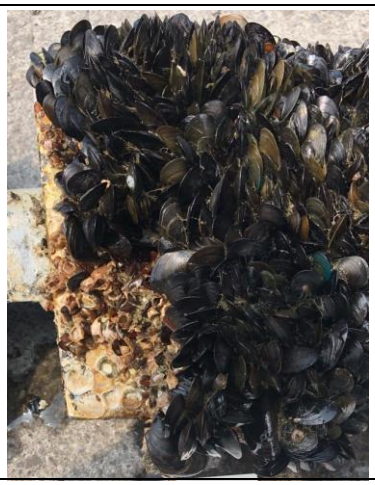
材質：鋼材 SM490A
代號：KA2T21

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1146.6
腐蝕後實際重量(g)	1144.0
重量變化(g)	2.6
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.005
腐蝕速率(μm/year)	4.5

材質：鋼材 SS316L
代號：



第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1133.5
腐蝕後實際重量(g)	1035.0
重量變化(g)	98.5
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.172
腐蝕速率(μm/year)	171.5

材質：鋼材 SS400
代號：

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

圖 4.46 高雄港 40 號碼頭潮汐帶金屬試驗分析結果(2 年期)

原始重量(g)	1160.8
腐蝕後實際重量(g)	870.0
重量變化(g)	290.8
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.506
腐蝕速率(μm/year)	506.3

材質：鋼材 SM490A
代號：KA3S21

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1128.9
腐蝕後實際重量(g)	1128.6
重量變化(g)	0.3
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.001
腐蝕速率(μm/year)	0.5

材質：鋼材 SS316L
代號：

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1142.2
腐蝕後實際重量(g)	822.2
重量變化(g)	320.0
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.557
腐蝕速率(μm/year)	557.2

材質：鋼材 SS400
代號：

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

圖 4.47 高雄港 75 號碼頭飛沫帶金屬試驗分析結果(2 年期)

原始重量(g)	1159.2
腐蝕後實際重量(g)	922.8
重量變化(g)	236.4
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.412
腐蝕速率(μm/year)	411.6

材質：鋼材 SM490A
代號：KA3T21

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1157.7
腐蝕後實際重量(g)	1157.6
重量變化(g)	0.1
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.0
腐蝕速率(μm/year)	0.2

材質：鋼材 SS316L
代號：

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1137.1
腐蝕後實際重量(g)	935.8
重量變化(g)	201.3
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.350
腐蝕速率(μm/year)	350.5

材質：鋼材 SS400
代號：

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

圖 4.48 高雄港 75 號碼頭潮汐帶金屬試驗分析結果(2 年期)

原始重量(g)	1171.2
腐蝕後實際重量(g)	951.4
重量變化(g)	219.8
表面積(cm^2)	385
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.383
腐蝕速率(μm/year)	382.7

材質：鋼材 SM490A
代號：KA3W21

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1138.5
腐蝕後實際重量(g)	1134.4
重量變化(g)	4.1
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.007
腐蝕速率(μm/year)	7.1

材質：鋼材 SS316L
代號：26

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1134.3
腐蝕後實際重量(g)	975.0
重量變化(g)	159.3
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.277
腐蝕速率(μm/year)	277.4

材質：鋼材 SS400
代號：27

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

圖 4.49 高雄港 75 號碼頭水中帶金屬試驗分析結果(2 年期)

原始重量(g)	1183.2
腐蝕後實際重量(g)	1057.6
重量變化(g)	125.6
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.235
腐蝕速率(μm/year)	235.0

材質：鋼材 SM490A
代號：KWT21

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1175.3
腐蝕後實際重量(g)	1175.2
重量變化(g)	0.1
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.0
腐蝕速率(μm/year)	0.2

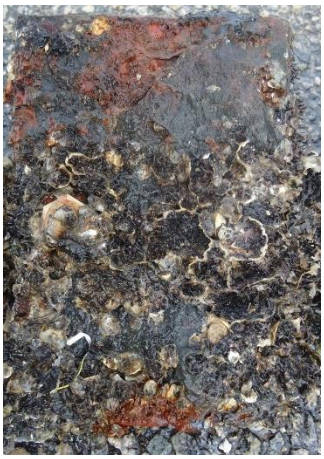
材質：鋼材 SS316L
代號：KWT24

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1133.7
腐蝕後實際重量(g)	1002.0
重量變化(g)	131.7
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.246
腐蝕速率(μm/year)	246.4

材質：鋼材 SS400
代號：KWT27



第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

圖 4.50 金門水頭港潮汐帶金屬試驗分析結果(2 年期)

原始重量(g)	1180.7
腐蝕後實際重量(g)	1100.0
重量變化(g)	80.7
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.151
腐蝕速率(μm/year)	151.0

材質：鋼材 SM490A
代號：KWW21

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1157.3
腐蝕後實際重量(g)	1157.0
重量變化(g)	0.3
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.001
腐蝕速率(μm/year)	0.6

材質：鋼材 SS316L
代號：KWW24

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1141.3
腐蝕後實際重量(g)	1030.6
重量變化(g)	110.7
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.207
腐蝕速率(μm/year)	207.1

材質：鋼材 SS400
代號：KWW27

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

圖 4.51 金門水頭港水中帶金屬試驗分析結果(2 年期)

<table>
<tr>
<td>
<table>
<tr><td>原始重量(g)</td><td>1181.3</td></tr>
<tr><td>腐蝕後實際重量(g)</td><td>1059.7</td></tr>
<tr><td>重量變化(g)</td><td>121.6</td></tr>
<tr><td>表面積(cm^2)</td><td>350</td></tr>
<tr><td>密度(g/cm^3)</td><td>7.85</td></tr>
<tr><td>腐蝕速率(mm/year)</td><td>0.228</td></tr>
<tr><td>腐蝕速率(μm/year)</td><td>227.5</td></tr>
</table>
</td>
<td>
<table>
<tr><td>原始重量(g)</td><td>1175.0</td></tr>
<tr><td>腐蝕後實際重量(g)</td><td>1175.0</td></tr>
<tr><td>重量變化(g)</td><td>0.0</td></tr>
<tr><td>表面積(cm^2)</td><td>350</td></tr>
<tr><td>密度(g/cm^3)</td><td>7.85</td></tr>
<tr><td>腐蝕速率(mm/year)</td><td>0.0</td></tr>
<tr><td>腐蝕速率(μm/year)</td><td>0.0</td></tr>
</table>
</td>
<td>
<table>
<tr><td>原始重量(g)</td><td>1141.0</td></tr>
<tr><td>腐蝕後實際重量(g)</td><td>982.9</td></tr>
<tr><td>重量變化(g)</td><td>158.1</td></tr>
<tr><td>表面積(cm^2)</td><td>350</td></tr>
<tr><td>密度(g/cm^3)</td><td>7.85</td></tr>
<tr><td>腐蝕速率(mm/year)</td><td>0.296</td></tr>
<tr><td>腐蝕速率(μm/year)</td><td>295.8</td></tr>
</table>
</td>
</tr>
<tr><td>材質：鋼材 SM490A
代號：KRT21</td><td>材質：鋼材 SS316L
代號：KRT24</td><td>材質：鋼材 SS400
代號：KRT27</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>第 2 年取樣後</td><td>第 2 年取樣後</td><td>第 2 年取樣後</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>第 2 年清洗後</td><td>第 2 年清洗後</td><td>第 2 年清洗後</td></tr>
</table>

圖 4.52 金門料羅港潮汐帶金屬試驗分析結果(2 年期)

<table>
<tr>
<td>
<table>
<tr><td>原始重量(g)</td><td>1179.3</td></tr>
<tr><td>腐蝕後實際重量(g)</td><td>1097.1</td></tr>
<tr><td>重量變化(g)</td><td>82.2</td></tr>
<tr><td>表面積(cm^2)</td><td>350</td></tr>
<tr><td>密度(g/cm^3)</td><td>7.85</td></tr>
<tr><td>腐蝕速率(mm/year)</td><td>0.154</td></tr>
<tr><td>腐蝕速率(μm/year)</td><td>153.8</td></tr>
</table>
</td>
<td>
<table>
<tr><td>原始重量(g)</td><td>1159.2</td></tr>
<tr><td>腐蝕後實際重量(g)</td><td>1159.2</td></tr>
<tr><td>重量變化(g)</td><td>0.0</td></tr>
<tr><td>表面積(cm^2)</td><td>350</td></tr>
<tr><td>密度(g/cm^3)</td><td>7.85</td></tr>
<tr><td>腐蝕速率(mm/year)</td><td>0.0</td></tr>
<tr><td>腐蝕速率(μm/year)</td><td>0.0</td></tr>
</table>
</td>
<td>
<table>
<tr><td>原始重量(g)</td><td>1140.3</td></tr>
<tr><td>腐蝕後實際重量(g)</td><td>1053.4</td></tr>
<tr><td>重量變化(g)</td><td>86.9</td></tr>
<tr><td>表面積(cm^2)</td><td>350</td></tr>
<tr><td>密度(g/cm^3)</td><td>7.85</td></tr>
<tr><td>腐蝕速率(mm/year)</td><td>0.163</td></tr>
<tr><td>腐蝕速率(μm/year)</td><td>162.6</td></tr>
</table>
</td>
</tr>
<tr><td>材質：鋼材 SM490A
代號：KRW21</td><td>材質：鋼材 SS316L
代號：KRW24</td><td>材質：鋼材 SS400
代號：KRW27</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>第 2 年取樣後</td><td>第 2 年取樣後</td><td>第 2 年取樣後</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>第 2 年清洗後</td><td>第 2 年清洗後</td><td>第 2 年清洗後</td></tr>
</table>

圖 4.53 金門料羅港水中帶金屬試驗分析結果(2 年期)

原始重量(g)	1108.6
腐蝕後實際重量(g)	920.8
重量變化(g)	187.8
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.328
腐蝕速率(μm/year)	328.3

材質：鋼材 SM490A
代號：MS21

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1146.5
腐蝕後實際重量(g)	1146.5
重量變化(g)	0.0
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.0
腐蝕速率(μm/year)	0.0

材質：鋼材 SS316L
代號：MS24

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1114.4
腐蝕後實際重量(g)	909.1
重量變化(g)	205.3
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.359
腐蝕速率(μm/year)	358.9

材質：鋼材 SS400
代號：MS27

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

圖 4.54 馬祖福澳港飛沫帶金屬試驗分析結果(2 年期)

<table>
<tr>
<td>
<table>
<tr><td>原始重量(g)</td><td>1112.3</td></tr>
<tr><td>腐蝕後實際重量(g)</td><td>1012.8</td></tr>
<tr><td>重量變化(g)</td><td>99.5</td></tr>
<tr><td>表面積(cm^2)</td><td>350</td></tr>
<tr><td>密度(g/cm^3)</td><td>7.85</td></tr>
<tr><td>腐蝕速率(mm/year)</td><td>0.174</td></tr>
<tr><td>腐蝕速率(μm/year)</td><td>173.9</td></tr>
</table>
</td>
<td>
<table>
<tr><td>原始重量(g)</td><td>1150.5</td></tr>
<tr><td>腐蝕後實際重量(g)</td><td>1150.5</td></tr>
<tr><td>重量變化(g)</td><td>0.0</td></tr>
<tr><td>表面積(cm^2)</td><td>350</td></tr>
<tr><td>密度(g/cm^3)</td><td>7.85</td></tr>
<tr><td>腐蝕速率(mm/year)</td><td>0.0</td></tr>
<tr><td>腐蝕速率(μm/year)</td><td>0.0</td></tr>
</table>
</td>
<td>
<table>
<tr><td>原始重量(g)</td><td>1121.0</td></tr>
<tr><td>腐蝕後實際重量(g)</td><td>1004.6</td></tr>
<tr><td>重量變化(g)</td><td>116.4</td></tr>
<tr><td>表面積(cm^2)</td><td>350</td></tr>
<tr><td>密度(g/cm^3)</td><td>7.85</td></tr>
<tr><td>腐蝕速率(mm/year)</td><td>0.203</td></tr>
<tr><td>腐蝕速率(μm/year)</td><td>203.5</td></tr>
</table>
</td>
</tr>
<tr><td>材質：鋼材 SM490A
代號：MT21</td><td>材質：鋼材 SS316L
代號：MT24</td><td>材質：鋼材 SS400
代號：MT27</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>第 2 年取樣後</td><td>第 2 年取樣後</td><td>第 2 年取樣後</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>第 2 年清洗後</td><td>第 2 年清洗後</td><td>第 2 年清洗後</td></tr>
</table>

圖 4.55 馬祖福澳港潮汐帶金屬試驗分析結果(2 年期)

原始重量(g)	1108.5
腐蝕後實際重量(g)	1106.0
重量變化(g)	102.5
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.179
腐蝕速率(μm/year)	179.2

材質：鋼材 SM490A
代號：MW21

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1148.5
腐蝕後實際重量(g)	1148.5
重量變化(g)	0.0
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.0
腐蝕速率(μm/year)	0.0

材質：鋼材 SS316L
代號：MW24

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1111.1
腐蝕後實際重量(g)	972.3
重量變化(g)	139.4
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.244
腐蝕速率(μm/year)	243.7

材質：鋼材 SS400
代號：MW27

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

圖 4.56 馬祖福澳港水中帶金屬試驗分析結果(2 年期)

原始重量(g)	1162.5
腐蝕後實際重量(g)	1055.3
重量變化(g)	107.2
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.185
腐蝕速率(μm/year)	185.0

材質：鋼材 SM490A
代號：PHT21

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1125.0
腐蝕後實際重量(g)	1124.6
重量變化(g)	0.4
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.001
腐蝕速率(μm/year)	0.7

材質：鋼材 SS316L
代號：PHT24

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1142.7
腐蝕後實際重量(g)	1006.3
重量變化(g)	136.4
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.235
腐蝕速率(μm/year)	235.3

材質：鋼材 SS400
代號：PHT27

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

圖 4.57 澎湖龍門港潮汐帶金屬試驗分析結果(2 年期)

原始重量(g)	1157.0
腐蝕後實際重量(g)	1067.1
重量變化(g)	89.9
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.155
腐蝕速率(μm/year)	155.1

材質：鋼材 SM490A
代號：PHW22

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1153.8
腐蝕後實際重量(g)	1153.3
重量變化(g)	0.5
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.001
腐蝕速率(μm/year)	0.9

材質：鋼材 SS316L
代號：PHW24

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1140.3
腐蝕後實際重量(g)	1077.6
重量變化(g)	62.7
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.108
腐蝕速率(μm/year)	108.2

材質：鋼材 SS400
代號：PHW27

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

圖 4.58 澎湖龍門港水中帶金屬試驗分析結果(2 年期)

原始重量(g)	1163.0
腐蝕後實際重量(g)	931.3
重量變化(g)	231.7
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.397
腐蝕速率(μm/year)	397.2

材質：鋼材 SM490A
代號：KA2W21

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1143.3
腐蝕後實際重量(g)	1143.0
重量變化(g)	0.3
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.001
腐蝕速率(μm/year)	0.5

材質：鋼材 SS316L
代號：KA2W24

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

原始重量(g)	1135.1
腐蝕後實際重量(g)	879.5
重量變化(g)	255.6
表面積(cm^2)	350
密度(g/cm^3)	7.85
腐蝕速率(mm/year)	0.438
腐蝕速率(μm/year)	438.1

材質：鋼材 SS400
代號：KA2W27

第 2 年取樣後

第 2 年清洗後

圖 4.59 港研中心水槽水中帶金屬試驗分析結果(2 年期)

4.5 海水水質分析

為了解金屬材料於海水中變化之趨勢，於每季進行全島商港海水水質取樣，利用現場水質檢測儀器測定鹽度、水溫、pH 值、溶氧量、導電度等，並使用離子分析儀分析海水中 Cl^-及 SO_4^{-2} 含量。

4.5.1 各港區海水水質差異比較

今彙整 107 年 10 月至 108 年 9 月各港區海水水質分析結果，於表 4-16 至表 4-26。表中顯示，

各碼頭水域之海水鹽度(ppt)介於 35.6~26.1 ppt，春季蘇澳公務船渠及蘇澳港 6 號碼頭較低，以蘇澳港 6 號碼頭最低 26.1 ppt，冬季與春季之料羅港、九宮港、水頭港鹽度皆超過 35ppt 且以料羅港最高 35.66 ppt。

各港區碼頭海水之導電度值約介於 33.2~75.3mmho /cm，春季蘇澳公務船渠、蘇澳港 6 號碼頭、白沙港及高雄港 10 號碼頭皆低於 40 mmho /cm，以高雄港 10 號碼頭之 33.19 mmho /cm 最小，秋季以布袋港東 3 碼頭之 75.3 mmho /cm 最大。

各碼頭水域之海水溫度介於 13.0~31.1 ℃，冬季離島港區海水溫度較低以白沙港最低 12.95 ℃，夏季為本島南部海水溫度較高以高雄港 40 號碼頭最高 31.1 ℃。

海水之溶氧量約介於 4.0~10.8 mg/L，安平 7 號碼頭、布袋港東 3 碼頭、高雄港 10 號碼頭及 40 號碼頭於春季較低以高雄港 40 號碼頭之 3.99 mg/L 最低，安平港 7 號碼頭、福澳港、白沙港、水頭港於冬季皆高於 9.0 mg/L 以安平港 7 號碼頭之 10.82 mg/L 最高。

酸鹼度(pH)約介於 8.40~ 6.27 ，在秋季及冬季的離島數值較低以冬季料羅港(pH 6.27)最低，大部分港區於秋季數值較高，以夏季福澳港 (pH 6.65)最高。

氯離子濃度，各碼頭水域介於 11000~24200 ppm，春季以馬公港 24256 ppm 為最高，高雄港 10 號碼頭之 10811 ppm 最低。夏季以料羅港 19814

ppm 為最高，安平港 7 號碼頭之 14217 ppm 最低。秋季以布袋港東 3 碼頭 19115 ppm 為最高，白沙港之 13068 ppm 最低。冬季以基隆港西 33 碼頭 21409 ppm 為最高，安平港 7 號碼頭之 13740 ppm 最低。

硫酸根離子濃度，各碼頭水域約為 2600~1300 ppm，春季以福澳港 2676 ppm 為最高，高雄港 10 號碼頭之 1302 ppm 最低。夏季以高雄港 10 號碼頭 2243ppm 為最高，安平港 7 號碼頭之 1612 ppm 最低。秋季以布袋港東 3 碼頭 2227 ppm 為最高，白沙港之 1531 ppm 最低。冬季以布袋港東 3 碼頭 2506 ppm 為最高，馬祖福澳港之 1654 ppm 最低。

表 4-16 基隆港區海水水質分析結果

取樣日期	地點	水深 (m)	鹽度 (0/00)	導電度 (ms/cm)	溫度 (℃)	溶氧量 (mg/L)	pH 值	氯離子 (mg/L)	硫酸根離子 (mg/L)
(107) 12/3	基隆港 W33	0	29.10	49.55	22.80	6.33	7.00	-	-
		3	29.00	54.83	21.78	7.43	7.01	-	-
		6	29.00	54.54	21.20	6.60	7.01	-	-
	基隆港 E2	0	29.30	50.74	20.10	6.56	7.02	-	-
		3	30.60	52.22	21.98	6.01	7.04	-	-
		6	30.00	52.89	21.48	6.29	7.05	-	-
(108) 3/4	基隆港 W33	0	29.80	59.05	19.60	6.28	7.38	21409	2427
		3	31.10	62.51	19.70	6.35	7.47	16682	1937
		6	31.40	63.19	19.90	6.55	7.51	17157	1943
	基隆港 E2	0	29.00	58.77	22.25	5.90	7.29	16934	1903
		3	31.30	62.47	20.00	5.75	7.43	15913	1830
		6	32.70	65.32	29.95	6.18	7.47	17816	2076
(108) 6/4	基隆港 W33	0	30.10	56.30	24.70	6.40	6.95	17952	1967
		3	30.10	56.39	25.30	6.26	6.96	17954	1961
		6	30.10	56.38	25.30	6.25	6.97	18005	1991
	基隆港 E2	0	30.50	56.98	25.10	6.87	6.94	18001	2006
		3	31.60	60.72	25.45	6.02	6.97	17911	1943
		6	31.50	61.05	25.40	5.98	6.98	17686	1868
(108) 9/9	基隆港 W33	0	29.20	56.58	28.00	6.46	7.25	16693	1917
		3	30.30	59.51	28.10	6.21	7.31	16369	1909
		6	29.50	60.81	27.10	6.09	7.44	16019	1877
	基隆港 E2	0	29.30	64.26	29.45	5.59	7.42	16895	1887
		3	30.60	65.17	27.93	6.68	7.48	17097	1859
		6	30.60	64.96	27.23	5.97	7.50	16724	1897

註： - 為遺失樣品，故無資料

表 4-17 臺北港區海水水質分析結果

取樣日期	地點	水深 (m)	鹽度 (0/00)	導電度 (ms/cm)	溫度 (℃)	溶氧量 (mg/L)	pH 值	氯離子 (mg/L)	硫酸根離子 (mg/L)
(107) 12/4	臺北港 N2	0	29.00	53.63	22.43	7.64	7.81	-	-
		3	28.80	53.01	22.93	7.48	8.10	-	-
		6	29.00	53.20	22.38	7.42	8.16	-	-
	臺北港 E3	0	29.10	53.02	23.00	7.68	8.16	-	-
		3	28.70	53.23	22.10	7.30	8.17	-	-
		6	29.00	53.38	22.08	7.37	8.17	-	-
(108) 3/5	臺北港 N2	0	28.90	58.66	19.45	7.75	7.35	17815	2027
		3	29.10	59.14	19.80	7.62	7.54	17698	2033
		6	29.30	59.43	19.80	7.53	7.71	17137	1959
	臺北港 E3	0	29.20	59.15	19.80	7.65	7.77	20216	2236
		3	29.40	59.55	19.85	7.64	7.86	21190	2350
		6	29.40	59.71	19.88	7.54	7.93	17990	2053
(108) 6/4	臺北港 N2	0	29.90	56.78	23.40	7.15	6.83	17976	1990
		3	29.00	55.10	26.50	6.70	6.97	19522	2168
		6	29.50	55.63	26.50	6.77	7.04	18156	2024
	臺北港 E3	0	28.40	54.04	26.55	6.79	6.97	18638	2059
		3	28.70	54.65	26.70	6.49	6.97	18459	2096
		6	28.90	54.85	26.60	6.39	6.97	18845	2033
(108) 9/10	臺北港 N2	0	29.40	56.95	29.05	7.71	7.52	17504	1939
		3	29.90	57.44	29.10	7.70	7.53	18214	2069
		6	30.40	58.16	28.70	6.61	7.54	18690	2081
	臺北港 E3	0	30.20	57.90	28.80	7.52	7.53	18842	2128
		3	30.70	58.69	28.80	7.31	7.56	17880	2048
		6	30.80	59.14	28.60	6.57	7.57	18369	2063

註： - 為遺失樣品，故無資料

表 4-18 蘇澳港區海水水質分析結果

取樣日期	地點	水深(m)	鹽度(0/00)	導電度(ms/cm)	溫度(℃)	溶氧量(mg/L)	pH 值	氯離子(mg/L)	硫酸根離子(mg/L)
(107) 12/13	蘇澳公務船渠	0	29.50	46.70	21.60	7.54	7.85	17102	1975
		3	30.10	47.70	22.35	6.48	7.95	17080	1970
	6 號碼頭	0	29.30	42.77	21.60	7.81	7.92	15183	1798
		3	30.50	47.12	22.75	7.46	8.02	16933	1986
		6	31.00	48.00	22.61	7.32	8.05	17056	1977
(108) 3/14	蘇澳公務船渠	0	30.70	50.33	22.50	7.58	7.17	16275	1894
		3	31.80	52.77	22.40	7.38	7.21	17164	1989
		6	32.00	53.29	22.60	7.21	7.22	17080	2032
	6 號碼頭	0	32.00	53.16	20.90	6.84	7.13	17361	2025
		3	32.10	53.31	22.03	6.52	7.19	17216	2001
		6	32.40	54.02	22.40	6.68	7.21	17132	1925
(108) 6/13	蘇澳公務船渠	0	27.00	39.74	25.18	7.13	7.40	16315	1834
		3	27.80	42.68	25.10	6.94	7.50	16828	1839
	6 號碼頭	0	26.10	38.23	24.70	7.28	7.41	18805	2081
		3	26.60	41.23	25.20	7.08	7.07	17555	2006
		6	28.40	42.60	25.20	7.03	7.48	17223	1904
(108) 9/5	蘇澳公務船渠	0	33.30	50.51	26.70	7.03	6.98	15800	1964
		3	33.90	51.27	26.60	6.91	6.99	18377	2089
	6 號碼頭	0	33.70	47.98	25.40	7.29	7.50	17830	2028
		3	33.76	51.64	26.30	7.14	6.93	18203	2076
		6	33.62	52.53	26.40	7.21	6.95	18690	2062

表 4-19 花蓮港區海水水質分析結果

取樣日期	地點	水深(m)	鹽度(0/00)	導電度(ms/cm)	溫度(℃)	溶氧量(mg/L)	pH 值	氯離子(mg/L)	硫酸根離子(mg/L)
(107) 12/12	4 號碼頭	0	30.50	45.52	23.18	7.18	7.38	17470	2033
		3	30.50	46.41	23.30	7.12	7.43	16857	1969
		6	31.00	46.70	23.50	7.14	7.40	17243	1977
	23 號碼頭	0	30.90	46.66	21.93	7.41	7.45	17252	1976
		3	31.10	47.06	23.70	7.41	7.90	17221	1995
		6	31.00	47.03	24.15	7.41	8.03	17411	1970
(108) 3/13	4 號碼頭	0	29.60	47.30	22.10	7.63	7.35	16696	1886
		3	29.70	47.66	22.80	7.45	7.36	16376	1837
		6	30.30	49.02	23.03	7.25	7.45	16536	1913
	23 號碼頭	0	32.00	49.91	20.17	7.91	7.32	16372	1907
		3	31.90	48.24	22.75	7.56	7.43	19128	2060
		6	32.80	49.97	23.05	7.46	7.47	17268	1998
(108) 6/12	4 號碼頭	0	32.00	49.20	24.35	6.92	7.02	16928	1851
		3	33.20	53.64	25.40	6.61	7.29	17258	1873
		6	33.00	54.64	25.43	6.45	7.37	18142	1906
	23 號碼頭	0	33.90	52.67	24.35	6.97	7.41	18095	1954
		3	34.10	53.34	25.40	7.01	7.51	17739	1913
(108) 9/4	4 號碼頭	0	30.40	41.99	26.40	7.56	7.08	18148	2035
		3	31.10	53.68	27.30	7.18	7.35	15585	1783
		6	31.60	54.76	27.50	7.16	7.40	15994	1797
	23 號碼頭	0	30.50	58.45	24.35	7.66	7.80	16184	1852
		3	30.00	57.21	27.43	7.26	7.15	15711	1798
		6	31.40	59.43	27.80	7.08	7.21	16400	1858

表 4-20 臺中港區海水水質分析結果

取樣日期	地點	水深 (m)	鹽度 (0/00)	導電度 (ms/cm)	溫度 (℃)	溶氧量 (mg/L)	pH 值 (-)	氯離子 (mg/L)	硫酸根離子 (mg/L)
(107) 12/24	1 號碼頭	0	29.00	38.15	21.00	8.10	8.01	17990	1980
		3	28.90	41.53	20.80	8.04	8.16	17488	1971
		6	30.30	42.30	20.80	8.62	8.18	17417	1974
	30 號碼頭	0	29.40	42.40	19.60	8.21	7.91	17589	1973
		3	29.50	42.17	20.50	8.20	8.01	16912	1996
		6	29.80	43.16	20.50	8.26	8.08	17286	1961
(108) 3/25	1 號碼頭	0	29.03	45.28	20.85	8.01	7.40	18228	2044
		3	28.93	44.74	22.20	7.58	7.49	17392	2013
		6	29.13	45.06	22.40	7.52	7.35	15792	1820
	30 號碼頭	0	28.15	43.82	19.90	8.23	7.28	14724	1735
		3	28.18	43.68	21.48	7.70	7.42	17133	1955
		6	28.47	43.94	21.70	7.65	7.46	18430	2090
(108) 6/24	1 號碼頭	0	30.10	53.39	27.90	6.51	7.57	16109	1703
		3	28.40	62.09	28.00	6.39	7.65	16248	1846
		6	27.30	59.45	28.10	6.73	7.65	16064	1870
	30 號碼頭	0	27.40	60.50	24.85	6.71	7.51	16485	1795
		3	28.10	59.53	26.90	6.95	7.39	15445	1654
		6	27.70	60.62	27.75	6.93	7.37	16599	1832
(108) 9/23	1 號碼頭	0	28.95	44.58	25.53	6.75	7.39	17982	1992
		3	29.66	45.91	24.88	6.77	7.52	18031	2011
		6	29.40	45.52	24.60	6.79	7.55	18398	2010
	30 號碼頭	0	28.24	43.79	24.33	6.80	7.44	18501	2049
		3	28.25	43.84	24.50	6.82	7.47	18270	2013
		6	28.20	43.76	24.60	6.86	7.47	18452	2077

表 4-21 布袋港區海水水質分析結果

取樣日期	地點	水深 (m)	鹽度 (0/00)	導電度 (ms/cm)	溫度 (℃)	溶氧量 (mg/L)	pH 值	氯離子 (mg/L)	硫酸根離子 (mg/L)
(107) 12/17	布袋港 E3	0	29.50	72.20	20.70	8.00	7.00	18240	2045
		3	30.20	75.30	19.60	8.00	7.00	19115	2227
(108) 3/18	布袋港 E3	0	32.60	52.12	21.95	7.59	7.17	17438	2021
		3	32.70	52.24	21.50	7.39	7.24	17308	2506
(108) 6/24	布袋港 E3	0	29.70	56.10	25.06	6.65	7.40	16876	1888
		3	29.10	54.63	28.85	5.72	7.52	18159	2025
		6	29.70	55.76	29.08	4.26	7.57	17236	1925
(108) 9/18	布袋港 E3	0	27.60	49.04	29.65	6.69	7.65	17532	1934
		3	27.80	49.30	29.50	6.95	7.67	17896	1980

表 4-22 安平港區海水水質分析結果

取樣日期	地點	水深 (m)	鹽度 (0/00)	導電度 (ms/cm)	溫度 (℃)	溶氧量 (mg/L)	pH 值	氯離子 (mg/L)	硫酸根離子 (mg/L)
(107) 12/17	7 號碼頭	0	30.40	47.05	22.60	6.67	7.00	16701	2009
		3	32.10	50.10	22.58	6.33	7.70	17040	1990
		6	32.40	50.50	23.10	5.80	8.00	18125	2035
(108) 3/18	7 號碼頭	0	29.50	44.49	24.10	10.82	7.25	13740	1672
		3	33.00	50.10	25.03	8.70	7.34	15999	1913
		6	34.00	51.47	23.43	6.53	7.37	15738	1832
(108) 6/24	7 號碼頭	0	28.20	51.07	22.45	6.42	7.41	16178	1796
		3	28.00	52.44	27.50	4.98	7.54	15825	1793
		6	29.10	54.34	28.40	4.61	7.61	16356	1778
(108) 9/18	7 號碼頭	0	27.90	44.52	29.00	5.76	7.67	15288	1735
		3	27.50	61.60	29.50	5.41	7.72	14217	1612
		6	27.80	61.10	29.40	5.22	7.75	16839	1926

表 4-23 高雄港區海水水質分析結果

取樣日期	地點	水深 (m)	鹽度 (0/00)	導電度 (ms/cm)	溫度 (℃)	溶氧量 (mg/L)	pH 值	氯離子 (mg/L)	硫酸根離子 (mg/L)
(107) 12/18	10 號碼頭	0	29.80	45.00	23.70	6.70	7.60	16626	1918
		3	29.60	44.50	26.00	6.20	7.70	16745	1906
		6	29.30	44.10	26.40	6.30	7.80	18459	2092
	39 號碼頭	0	28.80	43.80	24.20	6.60	7.80	17283	1943
		3	28.70	43.40	25.70	6.23	8.10	15919	1824
		6	29.00	44.00	25.40	6.22	8.00	17674	2039
	75 號碼頭	0	28.60	42.80	24.35	6.70	8.00	17513	2055
		3	28.30	42.10	24.90	6.73	8.10	17484	2030
		6	28.40	42.90	24.90	6.78	8.22	19077	2141
(108) 3/19	10 號碼頭	0	31.70	48.40	24.78	8.13	7.16	16815	1904
		3	32.00	48.99	25.20	8.25	7.23	15587	1789
		6	32.00	49.38	25.18	7.94	7.27	17079	1985
	39 號碼頭	0	30.80	47.16	25.80	7.72	7.09	17615	2018
		3	31.30	48.13	25.80	7.68	7.21	15413	1765
		6	31.70	48.53	25.68	7.32	7.26	17288	2027
	75 號碼頭	0	30.20	46.05	23.85	5.92	7.28	16768	1908
		3	32.40	49.50	25.13	6.30	7.34	17260	2058
		6	33.00	50.35	24.70	6.84	7.35	14384	1672
(108) 6/25	10 號碼頭	0	27.30	33.19	25.00	4.28	7.36	10811	1302
		3	27.50	48.19	28.08	4.78	7.46	13351	1470
		6	27.30	49.51	29.10	5.44	7.55	15896	1809
	39 號碼頭	0	28.10	44.78	25.33	4.18	7.48	-	-
		3	28.40	48.13	27.48	3.99	7.58	-	-
		6	27.40	49.61	28.50	4.95	7.62	14620	1642

取樣日期	地點	水深 (m)	鹽度 (0/00)	導電度 (ms/cm)	溫度 (℃)	溶氧量 (mg/L)	pH 值	氯離子 (mg/L)	硫酸根離子 (mg/L)
(108) 6/25	75 號碼頭	0	27.40	49.49	26.45	6.28	7.61	17709	1944
		3	28.20	50.92	27.98	6.24	7.65	17759	1932
		6	28.40	51.33	28.10	6.28	7.72	15826	1777
(108) 9/17	10 號碼頭	0	27.60	51.00	29.68	8.42	7.34	16655	2243
		3	28.10	51.80	30.20	8.78	7.47	16729	1844
		6	28.80	52.90	30.20	7.30	7.49	17020	1916
	39 號碼頭	0	27.30	49.51	30.98	7.89	7.42	17149	2170
		3	28.10	50.45	30.90	7.13	7.55	16875	1886
		6	28.04	50.98	31.10	7.22	7.56	16942	1895
	75 號碼頭	0	27.10	47.99	29.30	7.02	7.39	18845	1909
		3	27.80	49.38	29.70	6.70	7.43	18324	1995
		6	28.50	50.31	29.48	6.21	7.46	17003	1895

註： - 為遺失樣品，故無資料

表 4-24 金門港區海水水質分析結果

取樣日期	地點	水深 (m)	鹽度 (0/00)	導電度 (ms/cm)	溫度 (℃)	溶氧量 (mg/L)	pH 值	氯離子 (mg/L)	硫酸根離子 (mg/L)
(107) 12/18	水頭港	0	27.30	52.98	19.45	8.12	7.09	15432	1820
		3	29.50	59.29	17.68	8.32	7.24	14999	1831
		6	28.40	55.59	17.10	8.34	7.53	16364	2060
	料羅港	0	27.30	54.09	21.28	7.89	6.68	14540	1734
		3	29.20	56.69	17.48	8.60	7.47	14712	1680
	九宮港	0	27.70	51.29	18.80	8.49	6.53	15080	1787
		3	28.00	53.05	19.30	8.82	6.73	14542	1838
(108) 3/11	水頭港	0	33.60	50.67	19.30	8.46	6.74	15124	1839
		3	34.50	52.09	16.45	9.06	6.99	15117	1759
		6	35.12	53.90	15.60	9.16	6.99	14883	1813
	料羅港	0	34.32	53.70	18.43	8.32	6.27	16129	1818
		3	35.66	53.42	15.95	8.89	6.49	14955	1794
		6	35.27	59.77	15.33	8.78	6.73	15244	1795
	九宮港	0	35.08	51.60	19.70	8.06	6.41	14333	1696
		3	33.60	51.01	16.28	8.95	6.50	14111	1762
		6	34.02	51.70	15.90	8.84	6.51	14911	1745
(108) 5/21	水頭港	0	34.70	52.85	21.95	7.62	7.30	17480	1846
		3	34.80	52.85	23.20	7.21	7.46	17069	1892
		6	35.10	53.17	23.20	7.09	7.50	17070	1807
	料羅港	0	35.40	53.03	23.20	7.28	7.71	18151	1999
		3	35.20	54.67	22.20	7.24	7.83	17720	1989
		6	35.60	55.12	22.10	7.16	7.59	18027	1932
	九宮港	0	33.26	50.48	24.28	7.24	7.64	17005	1869
		3	33.80	51.46	23.20	7.33	7.75	16477	1795

取樣日期	地點	水深 (m)	鹽度 (0/00)	導電度 (ms/cm)	溫度 (℃)	溶氧量 (mg/L)	pH 值	氯離子 (mg/L)	硫酸根離子 (mg/L)
(108) 8/22	水頭港	0	30.93	47.49	28.70	6.40	7.77	17809	2012
		3	31.09	47.66	28.40	6.05	7.80	17905	1997
	料羅港	0	31.70	48.53	28.90	6.03	7.36	17857	1998
		3	31.72	48.59	28.50	6.17	7.38	18002	2071
		6	31.88	48.83	28.50	6.19	7.39	19814	2143
	九宮港	0	30.36	46.05	28.60	6.63	7.34	18004	2025
		3	30.44	46.87	28.90	6.53	7.37	17592	1974

表 4-25 馬祖福澳港區海水水質分析結果

取樣日期	地點	水深 (m)	鹽度 (0/00)	導電度 (ms/cm)	溫度 (℃)	溶氧量 (mg/L)	pH 值	氯離子 (mg/L)	硫酸根離子 (mg/L)
(107) 12/10	福澳港	0	33.80	48.18	19.43	8.29	7.39	13959	1671
		3	33.82	53.39	17.20	8.61	7.71	13760	1745
		6	34.20	52.38	17.08	8.62	7.80	14321	1643
	白沙港	0	31.50	48.30	19.20	8.48	7.24	13668	1621
		3	32.90	49.98	17.70	8.47	7.57	13281	1531
		6	33.18	53.09	17.30	8.45	7.65	13068	1549
(108) 3/18	福澳港	0	29.87	45.24	20.30	8.15	6.82	15850	1855
		3	32.47	48.92	14.53	9.43	7.23	14419	1733
		6	34.50	54.97	13.20	9.62	7.35	14313	1654
	白沙港	0	30.60	46.60	16.25	8.93	6.88	14275	1700
		3	32.04	49.01	13.65	9.48	7.00	14411	1700
		6	32.57	49.78	12.95	9.56	7.23	14578	1713
(108) 5/15	福澳港	0	32.10	46.93	20.15	8.59	7.08	16000	2676
		3	32.20	46.86	19.20	9.04	7.08	14662	1837
	白沙港	0	33.10	37.64	25.38	8.46	7.36	15011	2314
		3	34.20	50.30	19.10	8.68	7.59	15920	1774
(108) 8/26	福澳港	0	28.20	44.09	29.18	7.09	8.05	17413	1935
		3	28.30	44.54	28.40	6.90	8.10	17947	2030
		6	28.90	44.56	28.10	6.65	8.40	17756	1956
	白沙港	0	27.20	41.82	29.48	7.95	7.34	16212	1835
		3	27.70	42.87	28.70	7.99	7.79	16009	1790

表 4-26 澎湖龍門港區海水水質分析結果

取樣日期	地點	水深 (m)	鹽度 (0/00)	導電度 (ms/cm)	溫度 (℃)	溶氧量 (mg/L)	pH 值	氯離子 (mg/L)	硫酸根離子 (mg/L)
(107) 12/3	馬公港	0	30.40	63.39	24.68	6.99	8.38	16418	1891
		3	31.90	65.08	23.93	7.01	8.35	16305	1914
	龍門港	0	33.10	67.50	24.70	7.37	6.66	16794	1951
		3	33.40	68.13	24.30	7.63	6.89	16984	2007
(108) 3/5	馬公港	0	33.60	67.67	23.20	7.23	8.13	18779	2064
		3	33.00	66.81	22.73	7.35	7.92	18013	2012
		6	32.50	66.15	22.50	7.33	7.84	18569	2082
	龍門港	0	32.20	65.90	23.90	7.53	6.56	17812	2050
		3	33.10	67.29	23.50	7.70	6.81	17145	1928
(108) 5/28	馬公港	0	27.70	59.27	26.53	6.85	7.39	24256	2132
		3	28.50	60.38	25.93	6.84	7.40	18229	2103
		6	28.90	60.87	25.40	6.76	7.41	17840	2022
	龍門港	0	30.50	64.40	27.48	6.89	7.51	18399	2122
		3	30.70	64.84	26.90	6.86	7.53	18640	2056
(108) 8/19	馬公港	0	32.12	48.99	27.20	6.81	7.32	17327	1894
		3	33.12	50.38	26.90	7.13	7.33	17619	1954
		6	33.21	50.56	26.60	7.13	7.34	17871	1955
	龍門港	0	31.69	48.66	27.40	7.86	7.30	16674	1892
		3	34.46	52.34	27.10	7.28	7.32	17163	1888
		6	34.28	52.06	26.50	6.94	7.33	17860	1975

第五章 結 論

臺灣為一海島，四面環海，高溫、高濕與高鹽份的環境，腐蝕環境嚴重。歷年來公共工程建設常引用國外腐蝕數據進行腐蝕速率評估與防蝕設計，結果常有未及設計年限就已銹蝕損壞的情形；有鑑於此，腐蝕因子的調查與掌握對金屬與鋼筋混凝土結構物耐久性防蝕設計的影響，有其重要性。

本計畫目標包括：1.水下金屬材料腐蝕長期暴露試驗，2.建立水下腐蝕因子資料庫，3.研究成果分析比較，4 完成臺灣腐蝕環境資訊系統水下腐蝕速率資料庫之工作。

在此目標下，本計畫蒐集水下金屬材料腐蝕速率分析作業及各季試驗站所調查水質分析，歸納數據整理繪製比較圖，建置於臺灣腐蝕環境分類資訊系統水下腐蝕速率資料庫，提供工程單位做為材料設計選用及防救災決策支援使用。

5.1 結 論

1. 各港區暴放 2 年後不同位置金屬腐蝕速率分析調查結果發現，由第 2 年飛沫帶金屬暴露試驗結果，碳鋼腐蝕速率介於 309~743(μm/yr)，最大腐蝕速率發生於臺北港，低碳鋼腐蝕速率介於 323~729 (μm/yr)，最大腐蝕速率發生於基隆港。潮汐帶金屬暴露試驗結果，碳鋼腐蝕速率介於 170~425(μm/yr)，最大腐蝕速率發生於臺北港，低碳鋼腐蝕速率介於 182~586(μm/yr)，最大腐蝕速率發生於基隆港。水中帶金屬暴露試驗結果，碳鋼腐蝕速率介於 160~334(μm/yr)，最大腐蝕速率發生於基隆港，低碳鋼腐蝕速率介於 118~502(μm/yr)，最大腐蝕速率也發生於基隆港。

2. 各港區暴放 2 年後不同金屬水下腐蝕速率比較結果，第 2 年碳鋼金屬(SM490)，飛沫帶最大腐蝕速率發生於臺北港 743(μm/yr)，潮汐帶最大腐蝕速率發生於臺北港 425(μm/yr)，水中帶最大腐蝕速

率發生於基隆港 334(μm/yr)。第 2 年低碳鋼金屬暴露試驗比較結果，飛沫帶最大腐蝕速率發生於臺北港 729(μm/yr)，潮汐帶最大腐蝕速率發生於基隆港 586(μm/yr)，水中帶最大腐蝕速率發生於基隆港 502 (μm/yr)。第 2 年不銹鋼金屬暴露試驗比較結果，可發現飛沫帶最大腐蝕速率發生於高雄港 10 號碼頭 0.7(μm/yr)，潮汐帶最大腐蝕速率發生於高雄港 40 號碼頭 4.9(μm/yr)，水中帶最大腐蝕速率發生於高雄港 75 號碼頭 6(μm/yr)。

3. 各港區海水水質調查分析結果發現，各碼頭水域之海水鹽度(ppt)介於 35.6~26.1 ppt，春季蘇澳港較低，以蘇澳港 6 號碼頭最低 26.1 ppt，冬季與春季之金門水頭及料羅港鹽度皆超過 35ppt 且以料羅港最高 35.66 ppt。導電度值約介於 33.2~75.3mmho /cm，春季蘇澳公務船渠、蘇澳港 6 號碼頭、馬祖白沙港及高雄港 10 號碼頭皆低於 40 mmho/cm，以高雄港 10 號碼頭之 33.19 mmho/cm 最小，秋季以布袋港東 3 碼頭之 75.3 mmho/cm 最大。海水溫度介於 13.0~31.1 ℃，冬季離島港區海水溫度較低以馬祖北竿白沙港最低 12.95 ℃，夏季以以高雄港 40 號碼頭最高達 31.1℃。

4. 海水之溶氧量約介於 4.0~10.8 mg/L，安平 7 號碼頭、布袋港東 3 碼頭、高雄港 10 號碼頭及 40 號碼頭於春季較低以高雄港 40 號碼頭之 3.99 mg/L 最低，安平港 7 號碼頭、福澳港、白沙港、水頭港於冬季皆高於 9.0 mg/L 以安平港 7 號碼頭之 10.82 mg/L 最高。酸鹼度(pH)約介於 8.40~ 6.27，在秋季及冬季的離島數值較低以冬季料羅港 6.27 最低，大部分港區於秋季數值較高，以夏季福澳港 6.65 最高。

5. 氯離子濃度，各碼頭水域介於 11000~24200 ppm，春季以馬公港 24256 ppm 為最高，高雄港 10 號碼頭之 10811 ppm 最低。夏季以料羅港 19814 ppm 為最高，安平港 7 號碼頭之 14217 ppm 最低。秋季以布袋港東 3 碼頭 19115 ppm 為最高，白沙港之 13068 ppm 最低。冬季以基隆港西 33 碼頭 21409 ppm 為最高，安平港 7 號碼頭之 13740 ppm 最低。

6. 硫酸根離子濃度，各碼頭水域約為 2600~1300 ppm，春季以福澳港

2676 ppm 為最高，高雄港 10 號碼頭之 1302 ppm 最低。夏季以高雄港 10 號碼頭 2243ppm 為最高，安平港 7 號碼頭之 1612 ppm 最低。秋季以布袋港東 3 碼頭 2227 ppm 為最高，白沙港之 1531 ppm 最低。冬季以布袋港東 3 碼頭 2506 ppm 為最高，馬祖福澳港之 1654 ppm 最低。

7. 由水下金屬腐蝕調查結果可得，隨著暴露時間增加在飛沫帶、潮汐帶與水中帶金屬腐蝕速率皆有降低趨勢，推估應該是水中海生物附著形成保護膜，避免海水流速衝擊及海水環境因子影響。

5.2 建議

1. 海水水質會因氣候、區域、地形、水文現象等影響而變化，由於鋼板樁腐蝕為一持續發生現象，因此現場水質調查需長期進行監測。

2. 碼頭鋼板樁腐蝕與海水水質環境因子關聯性研究，未來可以統計學方法探討其相關性，藉以了解臺灣四周海水環境因子與腐蝕率權重大小變化。

5.3 研究成果之效益

1. 學術效益，發表論文 2 篇

   2019 年港灣季刊 Vol.109，發表「臺灣商港水下金屬材料一年期腐蝕速率調查研究」1 篇。

   2019 年港灣季刊 Vol.112，發表「臺灣腐蝕環境調查及分類系統介紹」1 篇。

2. 社會環境安全影響：本計畫建立臺灣水下腐蝕資料庫於臺灣腐蝕環境分類資訊系統，目前全島建置 14 處水下金屬長期腐蝕試驗，藉由調查，了解金屬構造物劣化情形及探討其發生機理，並依腐蝕特性，選用適當之維修材料與工法，以提升我國之整體防災能力及環境之安全與資源之永續利用。

3. 資料庫建置效益：逐年完成臺灣地區構造物腐蝕環境分類數據資料庫的建立且發行臺灣大氣腐蝕劣化因子調查資料年報提供工程單位瞭解金屬構造物在臺灣各腐蝕環境中的耐久性與其防蝕控制之須要可作為港灣地區之地震災前預防、災時應變計畫與決策之參考依據。

5.4 提供政府單位應用情形

1. 計畫成果已建置於「臺灣腐蝕環境分類資訊系統」內並出版年報，提供公民營事業單位營運安全防護採用。

2. 完成國內水下金屬材料腐蝕資訊提供產官學各界參考應用。如: 臺灣港務公司、中華民國防蝕工程學會、經濟部工業局、中國鋼鐵公司、顧問公司等。

參考文獻

1. 林維明、饒正等「臺灣海域之腐蝕特性防蝕設計及材料選用與開發」，港灣技術研究所研究報告，1991。

2. 林維明、饒正「基隆港碼頭鋼板樁腐蝕調查研究」，港灣技術研究所專刊第 59 號，1990。

3. 饒正、林維明、陳桂清，「港灣 R.C 結構物修理系統評估研究」，港灣技術研究所研究報告，1994。

4. 林維明、饒正「澎湖跨海大橋腐蝕調查研究」，港灣技術研究所專刊第 41 號，1987。

5. 林維明、饒正等「港灣鋼構造物耐久性研究第一年報告」，港灣技術研究所，1990。

6. 饒正、柯正龍等「港灣鋼構造物耐久性研究第二年報告」，港灣技術研究所，1991。

7. 陳桂清、饒正、柯正龍等「港灣鋼構造物耐久性研究第三年報告」，港灣技術研究所，1992。

8. 陳桂清、饒正、柯正龍「港灣鋼構造物耐久性研究第四年報告」，1993。

9. 饒正、柯正龍等「港灣鋼筋混凝土結構物耐久性研究」，港灣技術研究所研究報告，1991。

10. 饒正、林維明，「港灣構造物腐蝕機理與維修防制之研究」，港灣技術研究所研究報告，1996。

11. 饒正、陳桂清、柯正龍、羅建明，「現有結構物安全評估及維護研究(一) 」港灣技術研究所，1997。

12. 陳桂清、饒正、張道光、羅建明，「現有結構物安全評估及維護研究(二) 」港灣技術研究所，1998。

13. 饒正、李賢華、宋克義、羅俊雄，「現有結構物安全評估及維護研究(三) 」港灣技術研究所，1999。

14. 饒正、陳桂清、李釗、李賢華，「現有結構物安全評估及維護研究(四) 」交通部運輸研究所，2000。

15. 饒正、柯正龍，「水文及污損生物對材料腐蝕之探討研究」，港灣技術研究所研究報告，1995。

16. 饒正、陳桂清、李賢華、羅俊雄，「高雄港工結構材料海生物附著與對策研究」，港灣技術研究所，1997。

17. 饒正、陳桂清、李賢華、羅俊雄，「高雄港港工結構腐蝕與海生物附著研究」，港灣技術研究所，1999。

18. 饒正、陳桂清、柯正龍、張道光，「碼頭鋼板樁現況調查與腐蝕防治研究」，交通部運輸研究所，2002。

19. 羅建明、陳桂清、柯正龍、「金屬材料腐蝕環境調查研究(1/2)」，交通部運輸研究所，2015。

20. 羅建明、陳桂清、柯正龍、「金屬材料腐蝕環境調查研究(2/2)」，交通部運輸研究所，2016。

21. 羅建明、陳桂清、柯正龍、「臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查研究(1/4)」，交通部運輸研究所，2017。

22. Metals Handbook- Corrosion, Metals Handbook Ninth Ed., Vol. 13, ASM International, Ohio, 1988.

23. Broomfield J. P. (1997). *Corrosion of Steel in Concrete, Understanding, investigation and repair.* London, England: Taylor

& Francis.

24. 羅俊雄、饒正，「公共工程腐蝕及陰極防護現況探討」，防蝕工程，第 21 卷，第 1 期，第 1~20 頁，2007。

25. K.O.Gray "Enviroment of Deep Ocean Test Site, U.S.Navel Civil Engineering Laboratory, Technical Note ,N-657",p41, 1965。

26. W.Whitman, R.Russll, V.Altieri, "Industrial Engineering Chemistry", Vol.16, P665, 1924。

27. F.W. Fink, "Corrosion of Metals in Seawater", U.S. Department of the Interior, Office of Saline Water, Research and Development Progress Report, No.46. 1960。

28. Uhlig H. H., “The Corrosion Handbook,” (La Que), John Wiley and Sons, Inc., New York, P.387-388, 1948.

29. Samuel A. Bradford H.H. "Corrosion Control", Van Nostrand Reinhold, New York, U.S.A. 1993。

30. LaQue, F. L., Marine Corrosion cause and Prevention, John Wiley& Sons, New York, 1975.

31. Kim K. (2002) Corrosion Protection of Port Structures in Korea and Some Lessons in Underwater Cathodic Protection. Keynote Lecture, Ocean Engineering Conference, Taiwan.

32. 陳桂清、饒正、柯正龍、羅俊雄、翁榮洲、王瑞坤、張英傑、劉益雄、江淑慈，「港灣構造物陰極防蝕準則訂定研究」，交通部運輸研究所，2004。

33. 鄭錦榮，「離岸風機海上結構物腐蝕監測及風機資產管理」，臺灣電力公司綜合研究所，2015。

附錄一

腐蝕速率分析結果

基隆港區第2年腐蝕速率試驗分析結果

試片環境	試片材質	試片編號	原始重量(g)	腐蝕後實際重量(g)	重量變化(g)	表面積(cm^2)	密度(g/cm^3)	腐蝕速率(μm/year)
飛沫帶	**SM490A**	KLS2-1	1116.5	750.8	365.7	350	7.85	516.8
		KLS2-2	1123.1	750.8	372.3	350	7.85	526.2
		KLS2-3	1126.5	763.8	362.7	350	7.85	512.6
	SS316L	KLS2-4	1146.0	1145.9	0.1	350	7.85	0.1
		KLS2-5	1148.3	1148.1	0.2	350	7.85	0.3
		KLS2-6	1147.8	1147.8	0.0	350	7.85	0.0
	SS400	KLS2-7	1122.0	769.7	352.3	350	7.85	497.9
		KLS2-8	1121.2	768.9	352.3	350	7.85	497.9
		KLS2-9	1115.6	757.3	358.3	350	7.85	506.4
潮汐帶	**SM490A**	KLT2-1	1106.4	850.4	256.0	350	7.85	361.8
		KLT2-2	1118.1	800.8	317.3	350	7.85	448.4
		KLT2-3	1099.2	843.7	255.5	350	7.85	361.1
	SS316L	KLT2-4	1147.0	1142.5	4.5	350	7.85	6.4
		KLT2-5	1151.6	1151.6	0.0	350	7.85	0.0
		KLT2-6	1150.3	1149.1	1.2	350	7.85	1.7
	SS400	KLT2-7	1113.8	754.1	359.7	350	7.85	508.4
		KLT2-8	1114.1	731.7	382.4	350	7.85	540.4
		KLT2-9	1101.9	599.1	502.8	350	7.85	710.5
水中帶	**SM490A**	KLW2-1	1124.5	901.3	223.2	350	7.85	315.4
		KLW2-2	1121.0	889.0	232.0	350	7.85	327.9
		KLW2-3	1101.5	848.6	252.9	350	7.85	357.4
	SS316L	KLW2-4	1145.4	1145.4	0.0	350	7.85	0.0
		KLW2-5	1148.2	1148.2	0.0	350	7.85	0.0
		KLW2-6	1144.5	1144.5	0.0	350	7.85	0.0
	SS400	KLW2-7	1117.4	770.7	346.7	350	7.85	490.0
		KLW2-8	1110.9	756.1	354.8	350	7.85	501.4
		KLW2-9	1117.5	753.7	363.8	350	7.85	514.2

臺北港區第2年腐蝕速率試驗分析結果

試片環境	試片材質	試片編號	原始重量(g)	腐蝕後實際重量(g)	重量變化(g)	表面積(cm^2)	密度(g/cm^3)	腐蝕速率(μm/year)
飛沫帶	**SM490A**	TPS2-1	1120.3	705.4	414.9	350	7.85	763.4
		TPS2-2	1119.1	708.9	410.2	350	7.85	754.8
		TPS2-3	1102.4	705.5	396.9	350	7.85	730.3
	SS316L	TPS2-4	1142.8	1142.6	0.2	350	7.85	0.4
		TPS2-5	1149.3	1149.1	0.2	350	7.85	0.4
		TPS2-6	1146.2	1146.0	0.2	350	7.85	0.4
	SS400	TPS2-7	1110.3	708.1	402.2	350	7.85	740.0
		TPS2-8	1104.0	714.2	389.8	350	7.85	717.2
		TPS2-9	1113.5	723.4	390.1	350	7.85	717.8
潮汐帶	**SM490A**	TPT2-1	1108.0	873.5	234.5	350	7.85	431.5
		TPT2-2	1107.4	877.2	230.2	350	7.85	423.6
		TPT2-3	1098.4	869.8	228.6	350	7.85	420.6
	SS316L	TPT2-4	1142.4	1142.4	0.0	350	7.85	0.0
		TPT2-5	1142.1	1142.1	0.0	350	7.85	0.0
		TPT2-6	1145.3	1145.3	0.0	350	7.85	0.0
	SS400	TPT2-7	1114.6	858.5	256.1	350	7.85	471.2
		TPT2-8	1121.5	862.4	259.1	350	7.85	476.7
		TPT2-9	1123.6	864.2	259.4	350	7.85	477.3
水中帶	**SM490A**	TPW2-1	1119.0	1024.5	94.5	350	7.85	173.9
		TPW2-2	1124.0	1024.3	99.7	350	7.85	183.4
		TPW2-3	1102.3	997.4	104.9	350	7.85	193.0
	SS316L	TPW2-4	1149.9	1149.7	0.2	350	7.85	0.4
		TPW2-5	1158.0	1157.8	0.2	350	7.85	0.4
		TPW2-6	1150.4	1150.1	0.3	350	7.85	0.6
	SS400	TPW2-7	1118.6	1022.6	96.0	350	7.85	176.6
		TPW2-8	1101.4	1005.4	96.0	350	7.85	176.6
		TPW2-9	1121.5	1023.8	97.7	350	7.85	179.8

蘇澳港區第2年腐蝕速率試驗分析結果

試片環境	試片材質	試片編號	原始重量(g)	腐蝕後實際重量(g)	重量變化(g)	表面積(cm^2)	密度(g/cm^3)	腐蝕速率(μm/year)
飛沫帶	**SM490A**	SS2-1	1131.6	787.6	344.0	350	7.85	514.1
		SS2-2	1133.5	789.5	344.0	350	7.85	514.1
		SS2-3	1136.0	787.0	349.0	350	7.85	521.5
	SS316L	SS2-4	1157.3	1157.3	0.0	350	7.85	0.0
		SS2-5	1154.7	1154.7	0.0	350	7.85	0.0
		SS2-6	1127.9	1127.9	0.0	350	7.85	0.0
	SS400	SS2-7	1119.1	767.1	352.0	350	7.85	526.0
		SS2-8	1092.8	759.7	333.1	350	7.85	497.8
		SS2-9	1182.2	889.1	293.1	350	7.85	438.0
潮汐帶	**SM490A**	ST2-1	1132.5	878.7	253.8	350	7.85	379.3
		ST2-2	1138.9	861.1	277.8	350	7.85	415.1
		ST2-3	1136.1	952.3	183.8	350	7.85	274.7
	SS316L	ST2-4	1149.7	1149.7	0.0	350	7.85	0.0
		ST2-5	1156.9	1156.9	0.0	350	7.85	0.0
		ST2-6	1158.8	1158.8	0.0	350	7.85	0.0
	SS400	ST2-7	1162.8	1009.6	153.2	350	7.85	228.9
		ST2-8	1132.0	988.7	143.3	350	7.85	214.1
		ST2-9	1111.0	990.8	120.2	350	7.85	179.6
水中帶	**SM490A**	SW2-1	1138.7	914.9	223.8	350	7.85	334.4
		SW2-2	1136.4	953.0	183.4	350	7.85	274.1
		SW2-3	1133.3	947.8	185.5	350	7.85	277.2
	SS316L	SW2-4	1143.3	1143.3	0.0	350	7.85	0.0
		SW2-5	1140.9	1140.9	0.0	350	7.85	0.0
		SW2-6	1144.5	1144.5	0.0	350	7.85	0.0
	SS400	SW2-7	1147.5	992.8	154.7	350	7.85	231.2
		SW2-8	1106.3	970.9	135.4	350	7.85	202.3
		SW2-9	1109.5	945.8	163.7	350	7.85	244.6

花蓮港區第2年腐蝕速率試驗分析結果

試片環境	試片材質	試片編號	原始重量(g)	腐蝕後實際重量(g)	重量變化(g)	表面積(cm^2)	密度(g/cm^3)	腐蝕速率(μm/year)
飛沫帶	**SM490A**	HLS2-1	1102.7	891.0	211.7	350	7.85	301.8
		HLS2-2	1125.1	910.1	215.0	350	7.85	306.5
		HLS2-3	1112.4	894.5	217.9	350	7.85	310.6
	SS316L	HLS2-4	1155.3	1155.1	0.2	350	7.85	0.3
		HLS2-5	1154.8	1154.6	0.2	350	7.85	0.3
		HLS2-6	1143.2	1143.2	0.0	350	7.85	0.0
	SS400	HLS2-7	1117.7	848.5	269.2	350	7.85	383.7
		HLS2-8	1136.2	858.0	278.2	350	7.85	396.5
		HLS2-9	1114.1	844.9	269.2	350	7.85	383.7
潮汐帶	**SM490A**	HLT2-1	1124.5	952.6	171.9	350	7.85	245.0
		HLT2-2	1119.8	967.3	152.5	350	7.85	217.4
		HLT2-3	1108.3	952.8	155.5	350	7.85	221.6
	SS316L	HLT2-4	1145.0	1145.0	0.0	350	7.85	0.0
		HLT2-5	1154.6	1153.9	0.7	350	7.85	1.0
		HLT2-6	1150.5	1150.2	0.0	350	7.85	0.0
	SS400	HLT2-7	1124.2	934.8	189.4	350	7.85	270.0
		HLT2-8	1132.0	913.8	218.2	350	7.85	311.0
		HLT2-9	1115.1	834.2	280.9	350	7.85	400.4
水中帶	**SM490A**	1100.7	961.8	138.9	0.035	350	7.85	198.0
		1096.5	980.3	116.2	0.035	350	7.85	165.6
		1114.9	988.0	126.9	0.035	350	7.85	180.9
	SS316L	1158.1	1158.1	0.0	0.035	350	7.85	0.0
		1149.4	1149.4	0.0	0.035	350	7.85	0.0
		1151.0	1151.0	0.0	0.035	350	7.85	0.0
	SS400	1130.4	1010.9	119.5	0.035	350	7.85	170.3
		1117.2	988.9	128.3	0.035	350	7.85	182.9
		1110.1	820.1	290.0	0.035	350	7.85	413.4

臺中港第2年腐蝕速率試驗分析結果

試片環境	試片材質	試片編號	原始重量(g)	腐蝕後實際重量(g)	重量變化(g)	表面積(cm^2)	密度(g/cm^3)	腐蝕速率(μm/year)
大氣帶	SM490A	1-2-1	1840	1332.0	508.0	472	7.85	632.7
		1-2-2	1853	1351.9	501.1	472	7.85	624.1
		1-2-3	1845	1359.3	485.7	472	7.85	604.9
		1-2-4	1859	1339.9	519.1	472	7.85	646.5
		1-2-5	1850	1345.9	504.1	472	7.85	627.8
		1-2-6	1842	1354.2	487.8	472	7.85	607.5
	SS316L	1-2-7	3305	3304.5	0.5	520	7.85	0.6
		1-2-8	3277	3277.0	0.0	520	7.85	0.0
		1-2-9	3265	3264.0	1.0	520	7.85	1.1
	SS400	1-2-10	1532	1083.3	448.7	460	7.85	573.4
		1-2-11	1533	1079.8	453.2	460	7.85	579.1
		1-2-12	1540	1085.5	454.5	460	7.85	580.8
潮汐帶	SM490A	2-2-1	1826	1558.7	267.3	472	7.85	332.9
		2-2-2	1851	1597.5	253.5	472	7.85	315.7
		2-2-3	1869	1604.0	265.0	472	7.85	330.0
		2-2-4	1868	1590.0	278.0	472	7.85	346.2
		2-2-5	1825	1560.8	264.2	472	7.85	329.0
		2-2-6	1870	-	-	472	7.85	-
	SS316L	2-2-7	3252	3252.0	0.0	520	7.85	0.0
		2-2-8	3296	3296.0	0.0	520	7.85	0.0
		2-2-9	3303	3303.0	0.0	520	7.85	0.0
	SS400	2-2-10	1536	1350.9	185.1	460	7.85	236.5
		2-2-11	1524	1345.6	178.4	460	7.85	228.0
		2-2-12	1536	1390.6	145.4	460	7.85	185.8
水中帶	SM490A	3-2-1	1856	1742.8	113.2	472	7.85	141.0
		3-2-2	1859	1739.2	119.8	472	7.85	149.2
		3-2-3	1832	1723.7	108.3	472	7.85	134.9
		3-2-4	1844	1692.7	151.3	472	7.85	188.4
		3-2-5	1856	1719.8	136.2	472	7.85	169.6
		3-2-6	1879	1738.2	140.8	472	7.85	175.4
	SS316L	3-2-7	3302	3301.0	1.0	520	7.85	1.1
		3-2-8	3282	3282.0	0.0	520	7.85	0.0
		3-2-9	3267	3261.7	5.3	520	7.85	6.0
	SS400	3-2-10	1536	1426.5	109.5	460	7.85	139.9
		3-2-11	1538	1424.8	113.2	460	7.85	144.7

布袋港區第2年腐蝕速率試驗分析結果

試片環境	試片材質	試片編號	原始重量(g)	腐蝕後實際重量(g)	重量變化(g)	表面積(cm^2)	密度(g/cm^3)	腐蝕速率(μm/year)
潮汐帶	SM490A	BDT2-1	1161.3	955.3	206.0	350	7.85	358.7
		BDT2-2	1157.7	970.8	186.9	350	7.85	325.4
		BDT2-3	1165.1	973.8	191.3	350	7.85	333.1
	SS316L	BDT2-4	1127.0	1126.5	0.5	350	7.85	0.9
		BDT2-5	1162.7	1162.3	0.4	350	7.85	0.7
		BDT2-6	1148.7	1148.5	0.2	350	7.85	0.3
	SS400	BDT2-7	1137.3	930.6	206.7	350	7.85	359.9
		BDT2-8	1132.7	932.3	200.4	350	7.85	348.9
		BDT2-9	1139.1	939.1	200.0	350	7.85	348.2
水中帶	SM490A	BDW2-1	1145.8	912.5	233.3	350	7.85	406.2
		BDW2-2	1153.4	1040.6	112.8	350	7.85	196.4
		BDW2-3	1156.7	1035.5	121.2	350	7.85	211.0
	SS316L	BDW2-4	1136.3	1136.3	0.0	350	7.85	0.0
		BDW2-5	1151.3	1151.3	0.0	350	7.85	0.0
		BDW2-6	1149.4	1142.7	6.7	350	7.85	11.7
	SS400	BDW2-7	1136.0	930.9	205.1	350	7.85	357.1
		BDW2-8	1136.3	996.5	139.8	350	7.85	243.4
		BDW2-9	1139.3	953.5	185.8	350	7.85	323.5

安平港區第2年腐蝕速率試驗分析結果

試片環境	試片材質	試片編號	原始重量(g)	腐蝕後實際重量(g)	重量變化(g)	表面積(cm^2)	密度(g/cm^3)	腐蝕速率(μm/year)
飛沫帶	**SM490A**	APS2-1	1156.7	948.4	208.3	350	7.85	362.7
		APS2-2	1165.9	932.5	233.4	350	7.85	406.4
		APS2-3	1173.4	946.5	226.9	350	7.85	395.1
	SS316L	APS2-4	1139.7	1139.4	0.3	350	7.85	0.5
		APS2-5	1156.7	1156.5	0.2	350	7.85	0.3
		APS2-6	1135.9	1135.6	0.3	350	7.85	0.5
	SS400	APS2-7	1139.1	935.1	204.0	350	7.85	355.2
		APS2-8	1140.3	942.5	197.8	350	7.85	344.4
		APS2-9	1140.0	939.2	200.8	350	7.85	349.6
潮汐帶	**SM490A**	APT2-1	1180.4	1018.4	162.0	350	7.85	282.1
		APT2-2	1145.0	1039.1	105.9	350	7.85	184.4
		APT2-3	1165.5	1024.5	141.0	350	7.85	245.5
	SS316L	APT2-4	1152.6	1148.5	4.1	350	7.85	7.1
		APT2-5	1130.5	1128.9	1.6	350	7.85	2.8
		APT2-6	1161.5	1159.7	1.8	350	7.85	3.1
	SS400	APT2-7	1132.9	1000.6	132.3	350	7.85	230.4
		APT2-8	1143.4	1019.7	123.7	350	7.85	215.4
		APT2-9	1140.0	1012.6	127.4	350	7.85	221.8
水中帶	**SM490A**	APW2-1	1163.8	1003.7	160.1	350	7.85	278.8
		APW2-2	1151.6	1054.4	97.2	350	7.85	169.2
		APW2-3	1153.1	1056.5	96.6	350	7.85	168.2
	SS316L	APW2-4	1145.4	1138.7	6.7	350	7.85	11.7
		APW2-5	1135.9	1135.3	0.6	350	7.85	1.0
		APW2-6	1124.2	1123.9	0.3	350	7.85	0.5
	SS400	APW2-7	1142.4	1035.6	106.8	350	7.85	186.0
		APW2-8	1139.4	1030.2	109.2	350	7.85	190.1
		APW2-9	1139.9	1015.7	124.2	350	7.85	216.2

高雄港區#10碼頭第2年腐蝕速率試驗分析結果

試片環境	試片材質	試片編號	原始重量(g)	腐蝕後實際重量(g)	重量變化(g)	表面積(cm^2)	密度(g/cm^3)	腐蝕速率(μm/year)
飛沫帶	**SM490A**	KA1S2-1	1158.3	954.8	203.5	350	7.85	354.8
		KA1S2-2	1153.1	936.5	216.6	350	7.85	377.6
		KA1S2-3	1157.0	952.4	204.6	350	7.85	356.7
	SS316L	KA1S2-4	1139.3	1138.9	0.4	350	7.85	0.7
		KA1S2-5	1128.5	1128.1	0.4	350	7.85	0.7
		KA1S2-6	1145.8	1145.4	0.4	350	7.85	0.7
	SS400	KA1S2-7	1138.6	906.0	232.6	350	7.85	405.5
		KA1S2-8	1129.1	923.9	205.2	350	7.85	357.7
		KA1S2-9	1135.3	910.6	224.7	350	7.85	391.7
潮汐帶	**SM490A**	KA1T2-1	1165.3	918.5	246.8	350	7.85	430.3
		KA1T2-2	1153.9	958.5	195.4	350	7.85	340.7
		KA1T2-3	1168.6	1026.7	141.9	350	7.85	247.4
	SS316L	KA1T2-4	1120.2	1119.5	0.7	350	7.85	1.2
		KA1T2-5	1160.2	1159.7	0.5	350	7.85	0.9
		KA1T2-6	1150.1	1149.7	0.4	350	7.85	0.7
	SS400	KA1T2-7	1142.3	1003.2	139.1	350	7.85	242.5
		KA1T2-8	1133.9	981.1	152.8	350	7.85	266.4
		KA1T2-9	1140.6	961.6	179.0	350	7.85	312.1
水中帶	**SM490A**	KA1W2-1	1161.3	1055.0	106.3	350	7.85	185.3
		KA1W2-2	1159.4	1034.6	124.8	350	7.85	217.6
		KA1W2-3	1164.6	1066.2	98.4	350	7.85	171.6
	SS316L	KA1W2-4	1137.7	1137.5	0.2	350	7.85	0.3
		KA1W2-5	1128.7	1128.5	0.2	350	7.85	0.3
		KA1W2-6	1124.4	1123.8	0.6	350	7.85	1.0
	SS400	KA1W2-7	1141.6	1045.6	96.0	350	7.85	167.4
		KA1W2-8	1139.5	1041.3	98.2	350	7.85	171.2
		KA1W2-9	1136.6	1041.7	94.9	350	7.85	165.4

高雄港區#41碼頭第2年腐蝕速率試驗分析結果

試片環境	試片材質	試片編號	原始重量(g)	腐蝕後實際重量(g)	重量變化(g)	表面積(cm^2)	密度(g/cm^3)	腐蝕速率(μm/year)
飛沫帶	**SM490A**	KA2S2-1	1164.5	971.3	193.2	350	7.85	336.4
		KA2S2-2	1164.4	951.0	213.4	350	7.85	371.6
		KA2S2-3	1169.4	965.7	203.7	350	7.85	354.7
	SS316L	KA2S2-4	1122.5	1122.3	0.2	350	7.85	0.3
		KA2S2-5	1147.2	1146.8	0.4	350	7.85	0.7
		KA2S2-6	1145.7	1145.3	0.4	350	7.85	0.7
	SS400	KA2S2-7	1133.6	936.8	196.8	350	7.85	342.7
		KA2S2-8	1130.1	919.0	211.1	350	7.85	367.6
		KA2S2-9	1137.0	941.7	195.3	350	7.85	340.0
潮汐帶	**SM490A**	KA2T2-1	1160.2	1083.2	77.0	350	7.85	134.1
		KA2T2-2	1154.7	1044.9	109.8	350	7.85	191.2
		KA2T2-3	1149.8	1043.9	105.9	350	7.85	184.4
	SS316L	KA2T2-4	1146.6	1144.0	2.6	350	7.85	4.5
		KA2T2-5	1130.3	1128.0	2.3	350	7.85	4.0
		KA2T2-6	1125.8	1122.2	3.6	350	7.85	6.3
	SS400	KA2T2-7	1133.5	1035.0	98.5	350	7.85	171.5
		KA2T2-8	1142.0	1031.0	111.0	350	7.85	193.3
		KA2T2-9	1137.5	1026.2	111.3	350	7.85	193.8

高雄港區#75碼頭第2年腐蝕速率試驗分析結果

試片環境	試片材質	試片編號	原始重量(g)	腐蝕後實際重量(g)	重量變化(g)	表面積(cm^2)	密度(g/cm^3)	腐蝕速率(μm/year)
飛沫帶	**SM490A**	KA3S1-1	1160.8	870.0	290.8	350	7.85	506.3
		KA3S1-2	1154.2	856.5	297.7	350	7.85	518.3
		KA3S1-3	1168.9	891.2	277.7	350	7.85	483.5
	SS316L	KA3S1-4	1128.9	1128.6	0.3	350	7.85	0.5
		KA3S1-5	1124.5	1124.3	0.2	350	7.85	0.3
		KA3S1-6	1145.9	1145.6	0.3	350	7.85	0.5
	SS400	KA3S1-7	1142.2	822.2	320.0	350	7.85	557.2
		KA3S1-8	1143.0	820.8	322.2	350	7.85	561.0
		KA3S1-9	1132.4	815.0	317.4	350	7.85	552.6
潮汐帶	**SM490A**	KA3T1-1	1159.2	922.8	236.4	350	7.85	411.6
		KA3T1-2	1166.9	954.1	212.8	350	7.85	370.5
		KA3T1-3	1165.2	928.9	236.3	350	7.85	411.4
	SS316L	KA3T1-4	1157.7	1157.6	0.1	350	7.85	0.2
		KA3T1-5	1146.4	1146.2	0.2	350	7.85	0.3
		KA3T1-6	1160.9	1160.7	0.2	350	7.85	0.3
	SS400	KA3T1-7	1137.1	935.8	201.3	350	7.85	350.5
		KA3T1-8	1137.1	917.7	219.4	350	7.85	382.0
		KA3T1-9	1135.7	895.9	239.8	350	7.85	417.5
水中帶	**SM490A**	KA3W1-1	1171.2	951.4	219.8	350	7.85	382.7
		KA3W1-2	1160.8	935.9	224.9	350	7.85	391.6
		KA3W1-3	1153.7	993.0	160.7	350	7.85	279.8
	SS316L	KA3W1-4	1159.5	1153.4	6.1	350	7.85	10.6
		KA3W1-5	1123.6	1123.5	0.1	350	7.85	0.2
		KA3W1-6	1138.5	1134.4	4.1	350	7.85	7.1
	SS400	KA3W1-7	1134.3	975.0	159.3	350	7.85	277.4
		KA3W1-8	1139.4	971.2	168.2	350	7.85	292.9
		KA3W1-9	1127.8	954.1	173.7	350	7.85	302.4

金門港區料羅港第2年腐蝕速率試驗分析結果(1/2)

試片環境	試片材質	試片編號	原始重量(g)	腐蝕後實際重量(g)	重量變化(g)	表面積(cm^2)	密度(g/cm^3)	腐蝕速率(μm/year)
潮汐帶	**SM490A**	KRT2-1	1181.3	1059.7	121.6	350	7.85	227.5
		KRT2-2	1179.6	1058.6	121.0	350	7.85	226.4
		KRT2-3	1178.7	1063.7	115.0	350	7.85	215.2
	SS316L	KRT2-4	1175.0	1175.0	0.0	350	7.85	0.0
		KRT2-5	1173.8	1173.8	0.0	350	7.85	0.0
		KRT2-6	1176.3	1176.3	0.0	350	7.85	0.0
	SS400	KRT2-7	1141.0	982.9	158.1	350	7.85	295.8
		KRT2-8	1137.5	971.0	166.5	350	7.85	311.5
		KRT2-9	1139.7	988.5	151.2	350	7.85	282.9
水中帶	**SM490A**	KRW2-1	1179.3	1097.1	82.2	350	7.85	153.8
		KRW2-2	1178.6	1086.3	92.3	350	7.85	172.7
		KRW2-3	1179.2	1092.9	86.3	350	7.85	161.5
	SS316L	KRW2-4	1159.2	1159.2	0.0	350	7.85	0.0
		KRW2-5	1156.8	1156.8	0.0	350	7.85	0.0
		KRW2-6	1160.2	1155.9	4.3	350	7.85	8.0
	SS400	KRW2-7	1140.3	1053.4	86.9	350	7.85	162.6
		KRW2-8	1138.3	1031.1	107.2	350	7.85	200.6
		KRW2-9	1144.1	1073.4	70.7	350	7.85	132.3

金門港區水頭港第2年腐蝕速率試驗分析結果(2/2)

試片環境	試片材質	試片編號	原始重量(g)	腐蝕後實際重量(g)	重量變化(g)	表面積(cm^2)	密度(g/cm^3)	腐蝕速率(μm/year)
潮汐帶	**SM490A**	KWT2-1	1183.2	1057.6	125.6	350	7.85	235.0
		KWT2-2	1177.6	1065.3	122.3	350	7.85	210.1
		KWT2-3	1178.0	1081.1	96.9	350	7.85	181.3
	SS316L	KWT2-4	1175.3	1175.2	0.1	350	7.85	0.2
		KWT2-5	1176.6	1176.6	0.0	350	7.85	0.0
		KWT2-6	1176.0	1175.9	0.1	350	7.85	0.2
	SS400	KWT2-7	133.7	1002.0	131.7	350	7.85	246.4
		KWT2-8	1141.5	1002.9	138.6	350	7.85	259.3
		KWT2-9	1140.3	1016.7	123.6	350	7.85	231.3
水中帶	**SM490A**	KWW2-1	1180.7	1100.0	80.7	350	7.85	151.0
		KWW2-2	1176.1	1080.1	95.2	350	7.85	178.1
		KWW2-3	1179.6	1072.0	107.6	350	7.85	201.3
	SS316L	KWW2-4	1157.3	1157.0	0.3	350	7.85	0.6
		KWW2-5	1175.8	1175.8	0.0	350	7.85	0.0
		KWW2-6	1172.0	1172.0	0.0	350	7.85	0.0
	SS400	KWW2-7	1141.3	1030.6	110.7	350	7.85	207.1
		KWW2-8	1139.5	1054.6	84.9	350	7.85	158.9
		KWW2-9	1140.5	996.4	144.1	350	7.85	269.6

馬祖福澳港第2年腐蝕速率試驗分析結果

試片環境	試片材質	試片編號	原始重量(g)	腐蝕後實際重量(g)	重量變化(g)	表面積(cm^2)	密度(g/cm^3)	腐蝕速率(μm/year)
飛沫帶	**SM490A**	MS2-1	1108.6	920.8	187.8	350	7.85	328.3
		MS2-2	1112.8	933.2	179.6	350	7.85	313.9
		MS2-3	1112.1	933.2	178.9	350	7.85	312.7
	SS316L	MS2-4	1146.5	1146.5	0.0	350	7.85	0.0
		MS2-5	1147.1	1147.1	0.0	350	7.85	0.0
		MS2-6	1145.2	1145.2	0.0	350	7.85	0.0
	SS400	MS2-7	1114.4	909.1	205.3	350	7.85	358.9
		MS2-8	1121.7	925.5	196.2	350	7.85	343.0
		MS2-9	1104.9	932.1	172.8	350	7.85	302.1
潮汐帶	**SM490A**	MT2-1	1112.3	1012.8	99.5	350	7.85	173.9
		MT2-2	1112.8	995.7	117.1	350	7.85	204.7
		MT2-3	1109.9	1003.5	106.4	350	7.85	186.0
	SS316L	MT2-4	1150.5	1150.5	0.0	350	7.85	0.0
		MT2-5	1149.5	1149.5	0.0	350	7.85	0.0
		MT2-6	1152.0	1152.0	0.0	350	7.85	0.0
	SS400	MT2-7	1121.0	1004.6	116.4	350	7.85	203.5
		MT2-8	1123.4	1017.0	106.4	350	7.85	186.0
		MT2-9	1099.7	1011.0	88.7	350	7.85	155.0
水中帶	**SM490A**	MW2-1	1108.5	1006.0	102.5	350	7.85	179.2
		MW2-2	1111.0	1014.7	96.3	350	7.85	168.3
		MW2-3	1113.8	997.9	115.9	350	7.85	202.6
	SS316L	MW2-4	1148.5	1148.5	0.0	350	7.85	0.0
		MW2-5	1150.1	1150.1	0.0	350	7.85	0.0
		MW2-6	1142.9	1142.9	0.0	350	7.85	0.0
	SS400	MW2-7	1111.7	972.3	139.4	350	7.85	243.7
		MW2-8	1111.3	1019.2	92.1	350	7.85	161.0
		MW2-9	1101.8	907.0	194.8	350	7.85	340.5

澎湖龍門港第2年腐蝕速率試驗分析結果

試片環境	試片材質	試片編號	原始重量(g)	腐蝕後實際重量(g)	重量變化(g)	表面積(cm^2)	密度(g/cm^3)	腐蝕速率(μm/year)
潮汐帶	**SM490A**	PHT2-1	1162.5	1055.3	107.2	350	7.85	185.0
		PHT2-2	1159.6	1040.4	119.2	350	7.85	205.7
		PHT2-3	1163.5	1064.4	99.1	350	7.85	171.0
	SS316L	PHT2-4	1125.0	1124.6	0.4	350	7.85	0.7
		PHT2-5	1190.8	1190.3	0.5	350	7.85	0.9
		PHT2-6	1156.1	1155.7	0.4	350	7.85	0.7
	SS400	PHT2-7	1142.7	1006.3	136.4	350	7.85	235.3
		PHT2-8	1141.1	1006.3	134.8	350	7.85	232.6
		PHT2-9	1140.3	1022.2	118.1	350	7.85	203.8
水中帶	**SM490A**	PHW2-1	1146.4	954.7	191.7	350	7.85	330.7
		PHW2-2	1157.0	1067.1	89.9	350	7.85	155.1
		PHW2-3	1148.9	1088.2	60.7	350	7.85	104.7
	SS316L	PHW2-4	1153.8	1153.3	0.5	350	7.85	0.9
		PHW2-5	1127.9	1127.1	0.8	350	7.85	1.4
		PHW2-6	1126.5	1126.2	0.3	350	7.85	0.5
	SS400	PHW2-7	1140.3	1077.6	62.7	350	7.85	108.2
		PHW2-8	1140.2	1069.4	70.8	350	7.85	122.2
		PHW2-9	1140.9	1069.5	71.4	350	7.85	123.2

港研中心循環水槽第2年腐蝕速率試驗分析結果

試片環境	試片材質	試片編號	原始重量(g)	腐蝕後實際重量(g)	重量變化(g)	表面積(cm^2)	密度(g/cm^3)	腐蝕速率(μm/year)
潮汐帶	SM490A	KA2W2-1	1163.0	931.3	231.7	350	7.85	397.2
		KA2W2-2	1168.2	936.8	231.4	350	7.85	396.7
		KA2W2-3	1157.4	907.3	250.1	350	7.85	428.7
	SS316L	KA2W2-4	1143.3	1143.0	0.3	350	7.85	0.5
		KA2W2-5	1132.0	1131.8	0.2	350	7.85	0.3
		KA2W2-6	1138.3	1138.0	0.3	350	7.85	0.5
	SS400	KA2W2-7	1135.1	879.5	255.6	350	7.85	438.1
		KA2W2-8	1139.7	881.6	258.1	350	7.85	442.4
		KA2W2-9	1133.6	870.2	263.4	350	7.85	451.5

附錄二

期末審查意見及辦理情形說明表

期末審查意見及辦理情形說明表

審查意見	處理情形
林佑任委員	
1. P.1-9，針對選用 3 種金屬碳鋼(SM490A)、不鏽鋼(SS316L)及低碳鋼(SS400)之原因，此 3 種材料為港灣工程常見結構之金屬材料?建議加以論述選用之目的。	謝謝委員指教。選用此三種材料為港灣工程材料常見金屬材料，選用之目的為建立現有各港口鋼結構物耐久性之完整資料，以利日後新建鋼結構或維修現有鋼結構物之規範。
2. P.3-3~ P.3-6，未於金門料羅港區、水頭商港之飛沫帶及高雄港 40 號碼頭水中帶放置試片之原因為何?	謝謝委員指教。由於金門料羅港區及水頭商港水深僅達-5m 飛沫帶試驗架不宜安裝。高雄港 40 號碼頭安裝位置接近於 41 碼頭，若安裝飛沫帶於此突出處，船隻易碰撞損壞。
3. P.4-3，圖 4.3 蘇澳港第 2 年金屬試片腐蝕速度與佈放位置比較圖中「大氣帶」，建議修正為「飛沫帶」。	謝謝委員指教，已更正辦理。
4. P.4-2，以 SM490A 或 SS400 之試片於各放置點均以「飛沫帶」腐蝕率最高，唯有基隆港之 SS400 腐蝕率於潮汐帶 586.4 明顯大於飛沫帶 500.7μm/yr，此一試驗結果與其它結果有所差異，可能原因為何?	謝謝委員指教，基隆港試驗片位於西 33B 碼頭，水下腐蝕因子眾多，例如:流速相對其港區偏高。
5. 臺北港飛沫帶腐蝕速率，各港最高但水中帶則相對甚低，基隆港 SS400 水中帶與飛沫帶腐蝕率幾乎相同而且甚高(超過 500um/yr)，臺中港水中帶腐蝕率最低，可能原因為何?	各港不同水位呈現金屬不同腐蝕速率影響因子眾多，未來將整合更多試驗數據分析說明
6. P.5-3，如章節 5.2 建議 2.，本研究案雖然對於章節 4.5 之海水水質分析有相當多資料之蒐集，建議未來可深入再探討海水各水質指標與腐蝕率之關係。	謝謝委員指教，後續將累積足夠樣本數建立統計關聯性。
7. 海生物對於腐蝕之影響是否亦有正面助	謝謝委員建議，未來研究參酌。

審查意見	處理情形
益之生物，可深入再研究探討，若有，未來也可提倡生物防治法去防治腐蝕現象。	
8. 本研究海生物附著明顯且部分區域甚豐富有益生態，海岸港灣外廓設施目前會被要求考量生態設計，惟相關材料之生物生長基本資料闕如，建議也加入非金屬材料去做試驗(例如混凝土塊、爐石塊或 MICP.塊)，基於不同風電材料之耐侵蝕及耐久性研究，並可研究生物復育的角度及建構食物鏈最底層生態系的角度，以協助未來工程的推展克服生態復育的議題。	謝謝委員建議，因應不同離岸風電材料及港區生態未來將研究參酌。
9. 建議可加入藻類培養試驗，著眼於未來的外港工程宜推展生態功能俾海洋環境保育及工程推動。	謝謝委員建議，未來將視經費及專業研究參酌。
10. 感覺臺中港水中帶試片觀察 2 年結果，海生物附著生長情形較他港差，請說明可能原因或進一步研析。	謝謝委員指教，後續將累積足夠樣本數，建立統計關聯性。
11. 本研究說明不鏽鋼於海域有極佳之抗蝕性，但若內部有孔蝕可能不易發現，建議一併觀察是否有此現象，避免未來關鍵結構不當採用不鏽鋼造成無預警破壞情形。	不鏽鋼為孔蝕現象，後續將深入探討研究。
陳桂清委員	
1. 本研究期程為何？請說明之。又計畫名稱「……沿岸地區……」與實際暴放的港區水域，兩者有很大的差異，建議在前言中略為敘明。	謝謝委員指教，已補充說明。
2. 本計畫探討金屬在海水下的腐蝕狀況，與離岸風機金屬構件及其基礎之鏽蝕，有一致性相似行為，值得進行相關研究。	謝謝委員指教，將於未來研究參酌。
3. P.1-9，敘及 2015 年已完成暴放試驗場址，另本頁倒數 3 行，敘明本（今）年已	謝謝委員指教。將於未來研究參酌。

審查意見	處理情形
完成 2 年期的各項腐蝕速率試驗，顯然已進行有數年了，與本計畫執行時間不一，建議做適當的說明。	
4. P.1-9 與 P.1-11，試驗場址（點）不一致，請修正之。	謝謝委員指教，已更正辦理。
5. 報告內容之文獻回顧與數年來的相關計畫報告中，已重複多次，建議未來計畫延續時，應提出新的內容論述。	謝謝委員指教，未來研究參酌。
6. 建議刪除 P.3-4 表 3-2 資料。	謝謝委員指教，已更正辦理。
7. SS316L 腐蝕損失很小，秤量變化差異小，非常不易秤出腐蝕損失量，分析時應謹慎。不建議用重量損失來判別腐蝕等級。	謝謝委員指教，已更正辦理。
8. 結論敘述說明較為雜亂建議以簡潔，重點條文式的列舉成果。	謝謝委員指教。將於未來研究參酌。
羅俊雄委員	
1. 報告內容飛沫帶高程定義？試驗高程、腐蝕速率圖示、顏色是否建議統一。	謝謝委員指教，已更正辦理。
2. 建議將流速潮汐資料納入研究項目。	謝謝委員指教，未來研究將予採納。
3. 建議未來連續式樁體電位量測或電化學檢測方法進行實地研究。	謝謝委員建議，未來將視經費研究參酌。
4. 建議建立水質與腐蝕速率的關聯性。	謝謝委員指教，後續將累積足夠樣本數建立統計關聯性。
許書王委員	
1. 目錄所列附錄二及附錄三，並未收錄於本研究報告中，請再核查，建議應該補附，若本次會議為期末審查，則請彙整後補入。	謝謝委員指教，已更正辦理。

審查意見	處理情形
2. 章節 5-1 結論中碳鋼試樣臺北港、基隆港等腐蝕速率有明顯較大的趨勢，不鏽鋼為高雄港，此部分與其他取得之資料，嘗試分析看看，是否有明顯的關連性或探討可能之原因，可供未來後續研究時更深入探討之依循。	謝謝委員指教，將於未來統計分析研究參酌。
3. 如圖 4-17 等，可能因為色彩原因，字跡難以辨識，建議全文考量定稿時，一併考量解決方式，以利參考	謝謝委員指教，已更正辦理。
4. 所提 SS316L、SM490A、SS400 鋼材之成分性質，若未討論其差異，可嘗試討論看看，又 SM490A 與 SM490B 從材料角度，跟另一研究案是否有不同，可分析看看。	謝謝委員指教，將於未來研究參酌。
5. 表 4-16 到表 4-26 編排方式，與討論內文分開，建議依序排放，與內文閱讀時，是否較為方便請卓參。	謝謝委員指教，已更正辦理。
謝幼屏委員	
1. 腐蝕速率與防蝕設計等工作，是公共工程建設極為基礎而重要的工作，本項計畫值得進行長期投入研究與分析探討。	謝謝委員指教。
2. 目前地球環境持續惡化中，海水水質的變化愈來愈劇烈，此一變化可能造成金屬材料水下腐蝕的情況更趨嚴重，建議後續或可就此課題做探討。	謝謝委員建議，未來將研究參酌。

附錄三

期末審查簡報

簡報大綱

1.研究目的
2.水下腐蝕之重要性
3.研究方法與規畫
4.水下金屬腐蝕速率分析與討論
5.海水水質分析
6.結語

港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

1. 研究目的

港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

1.研究目的

- 建立金屬於大氣與水下腐蝕速率**資料庫**，瞭解國內金屬材料與環境因子之關聯性
- 建立臺灣地區構造物**腐蝕環境潛勢分析**資料庫，提供產官學界辦理構造物耐久性與設計之參據。
- 研擬臺灣地區防蝕手冊參酌。

港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

2. 水下腐蝕重要性

港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

臺灣地區水下腐蝕試驗相關研究歷程

研究單位	研究方向	研究期間
交通處港灣技術研究所 中國鋼鐵公司,工研院工材所	台灣海域腐蝕特性防蝕設計材料選用及開發特性	1986.07-1991.06
交通處港灣技術研究所	港灣R.C結構物之耐久性研究	1986.07-1991.06
交通處港灣技術研究所	澎湖跨海大橋腐蝕問題研究調查	1987.01-1987.12
交通處港灣技術研究所	港灣鋼結構物耐久性研究	1989.07-1994.06
交通處港灣技術研究所	港灣R.C結構物修理系統評估研究	1992.07-1993.06
交通處港灣技術研究所 海洋大學	港灣構造物腐蝕機理與維修防制之研究	1995.06-1996.07
交通處港灣技術研究所	水文及污損生物對材料腐蝕之探討研究	1995.01- 1995.12
交通部運研所港灣技術研究中心	現有結構物安全評估及維護研究	1996.06-2001.07
交通部運研所港灣技術研究中心 中山大學	高雄港港工結構材腐蝕與海生物附著研究	2000.01- 2000.12
交通部運研所港灣技術研究中心	碼頭鋼板樁現況調查與腐蝕防治研究	2001.01-2001.12

港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

3.研究方法與規畫

港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

3.水下腐蝕試驗規畫

文獻蒐集整理分析
- 國內外水下腐蝕文獻蒐集
- 文獻整理與分析

規劃工作
- 安裝地點水深、取樣頻率
- 水下金屬材料選擇
- 安裝地點之選擇、試驗時程

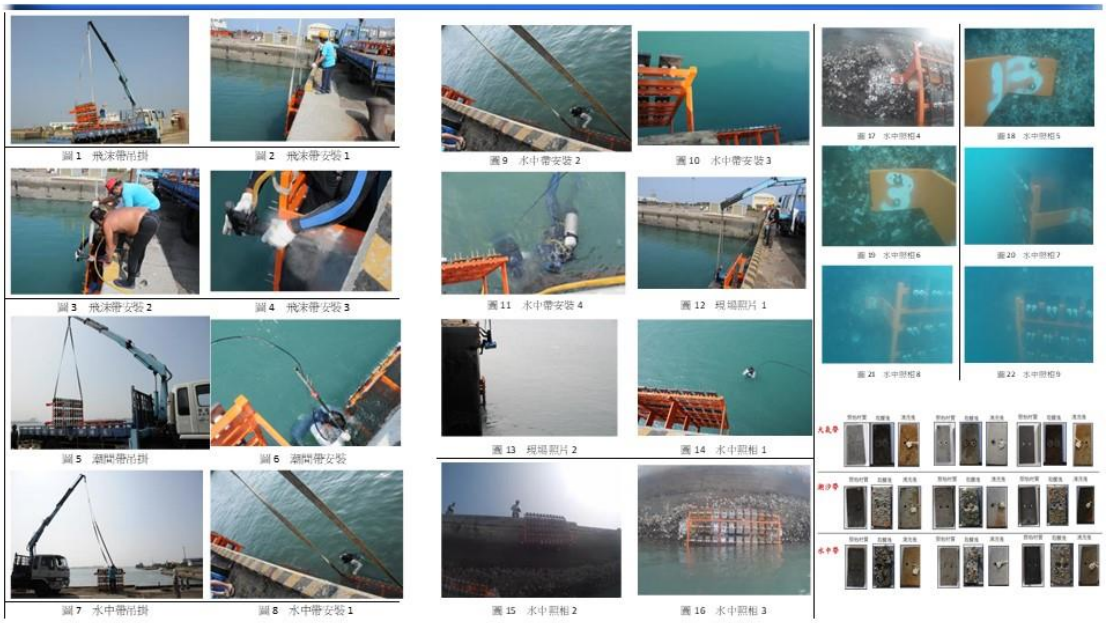
試驗項目
- 試片腐蝕速率分析
- 金屬外觀分析
- 水質分析

資料蒐集分析
- 水下長期暴露試驗數據收集
- 各港區水下金屬外觀分析
- 每季海水水質量測與分析
- 以重量損失法估算金屬腐蝕速率
- 繪製金屬於各港在不同期程腐蝕趨勢變化圖

水下腐蝕因子資料建立
- 系統功能建置
- 系統功能規劃

Harbor and Marine Technology Center

4.金屬材料水下腐蝕調查研究



港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

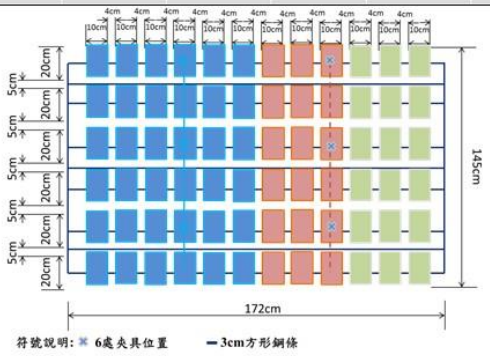
臺灣水下腐蝕試驗站

放置地點	放置位置	試片材質	試片大小	安裝時間	試驗期程
基隆港區西33B碼頭	飛沫帶	SM490A	15×10×1.0(cm)	2016/09/26	1、2、5、8、10年等5個期程
		SS316L			
		SS400			
	潮汐帶	SM490A			
		SS316L			
		SS400			
	水中帶	SM490A			
		SS316L			
		SS400			
蘇澳港區公務船渠	飛沫帶	SM490A	15×10×1.0(cm)	2016/06/23	1、2、5、8、10年等5個期程
		SS316L			
		SS400			
	潮汐帶	SM490A			
		SS316L			
		SS400			
	水中帶	SM490A			
		SS316L			
		SS400			

港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

水下金屬曝露試驗架安裝
(臺中港)

放置地點	放置位置	試片材質	試片大小	安裝時間	試驗期程
臺中港 #1碼頭西側	大氣帶	SM490A	20cm×10cm，厚度為1.2cm	2014/10/28	1、2、3、5、8、10年等6個期程
		SS316L			
		SS400			
	潮汐帶	SM490A	20cm×10cm，厚度為2.0cm		
		SS316L			
		SS400			
	水中帶	SM490A	20cm×10cm，厚度為1.0cm		
		SS316L			
		SS400			



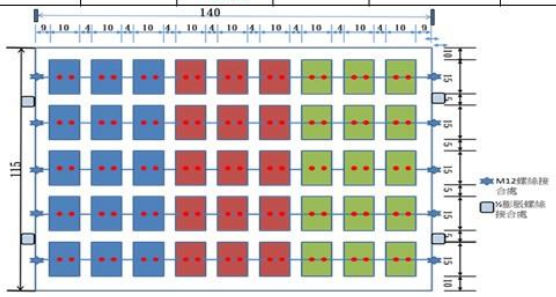
港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

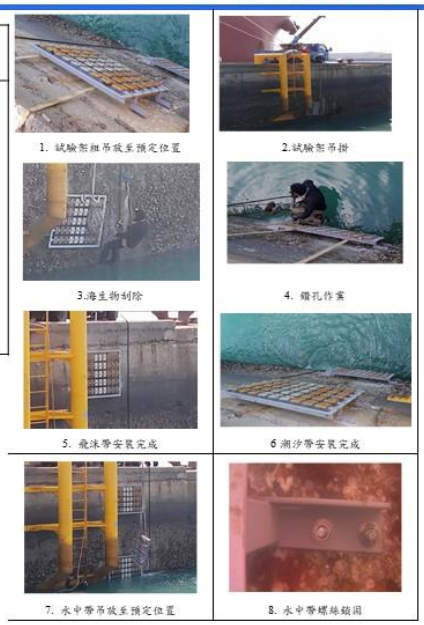
#1西

水下金屬曝露試驗架安裝
(臺中港)

2019/03/26重新安裝

放置地點	放置位置	試片材質	試片大小 (cm)	安裝日期 (年/月/日)	取樣期程 (年)
臺中港 #1碼頭西側	飛沫帶	SM490A	15×10×1.0	2019/03/26 重新安裝	1、2、5、8、10年等5個期程
		SS316L			
		SS400			
	潮汐帶	SM490A			
		SS316L			
		SS400			
	水中帶	SM490A			
		SS316L			
		SS400			

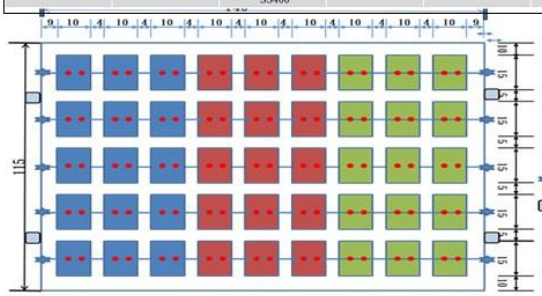




港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

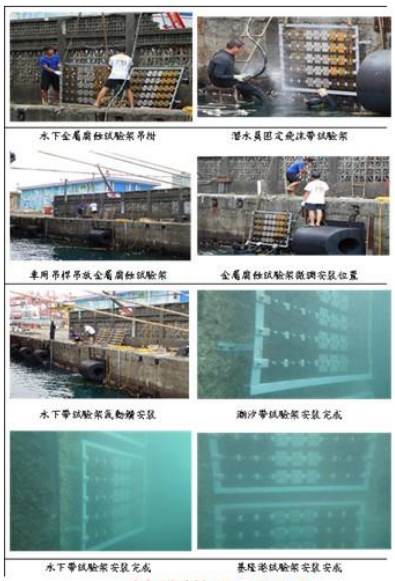
水下金屬曝露試驗架安裝
(金門料羅港與水頭商港)

放置地點	放置位置	試片材質	試片大小	安裝時間	試驗期程
金門 料羅港區	潮汐帶	SM490A	15cmx10cm，厚度為1.0cm	2015/11/16	1、2、5、8、10年等5個期程
		SS316L			
		SS400			
	水中帶	SM490A	15cmx10cm，厚度為1.0cm		
		SS316L			
		SS400			
放置地點	放置位置	試片材質	試片大小	安裝時間	試驗期程
金門 水頭商港	潮汐帶	SM490A	15cmx10cm 厚度為1.0cm	2015/11/16	1、2、5、8、10年等5個期程
		SS316L			
		SS400			
	水中帶	SM490A	15mx10cm 厚度為1.0cm		
		SS316L			
		SS400			



港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

水下金屬曝露試驗架安裝
(基隆港 臺北港)

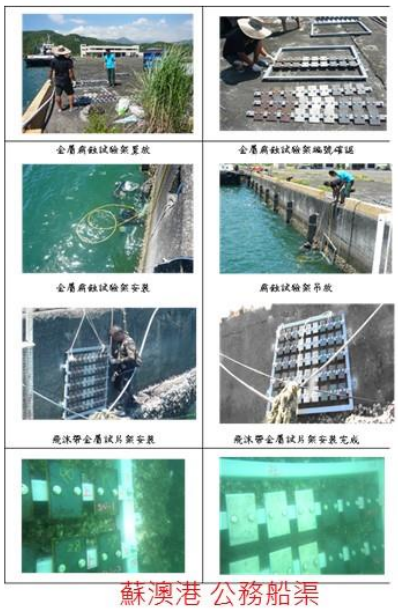


基隆港西#33 B

臺北港北#2

港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

水下金屬曝露試驗架安裝
(蘇澳港 花蓮港)



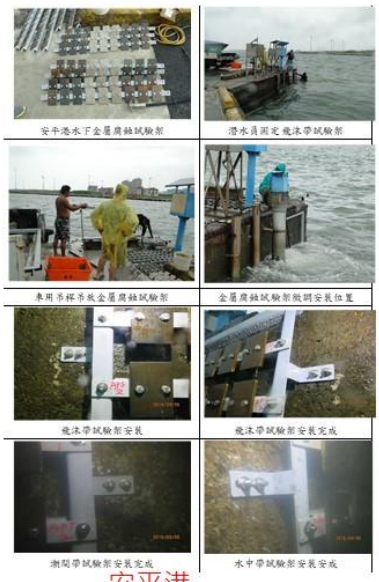
蘇澳港 公務船渠

花蓮港西防波堤燈塔旁

港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

水下金屬曝露試驗架安裝
(布袋港 安平港)

布袋港



安平港

港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

水下金屬曝露試驗架安裝
(高雄港 #10 #40 #75)

高雄港 #10

高雄港 #40

高雄港 #75

港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

水下金屬曝露試驗架安裝
(馬祖福澳港 澎湖龍門港)

澎湖 龍門港 #9

馬祖 福澳港

港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

水下金屬曝露試驗架安裝
(港研中心)

金屬腐蝕試驗架排列檢視

金屬腐蝕試驗架吊掛

試驗架安裝

試驗架安裝

試驗架組裝完成

試驗架安裝完成

港研中心 試驗水槽

港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

水下金屬腐蝕生成物清除作業流程圖

以NACE Standard TM-01-69方法進行重量損失量測

↓

以去離子水配置不同材料之特製的化學清洗溶液

↓

將腐蝕之試片浸於特製的化學溶液中

↓

取出於持續流動的清水中，以軟毛刷清洗試片表面

↓

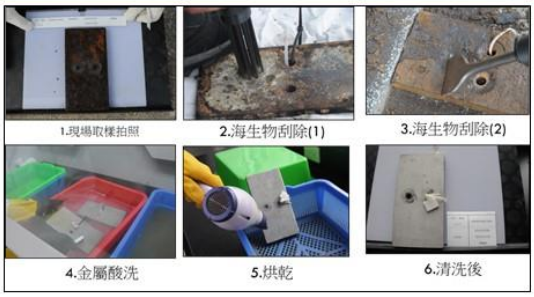
再以去離子水清洗，吹乾後冷卻至室溫，稱重並記錄

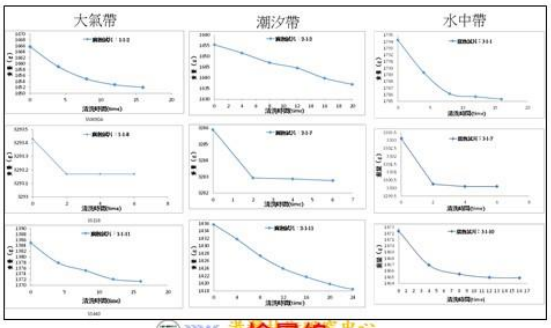
↓

重複數次化學清洗過程

↓

依每次清洗所稱得之重量做成一線性關係圖





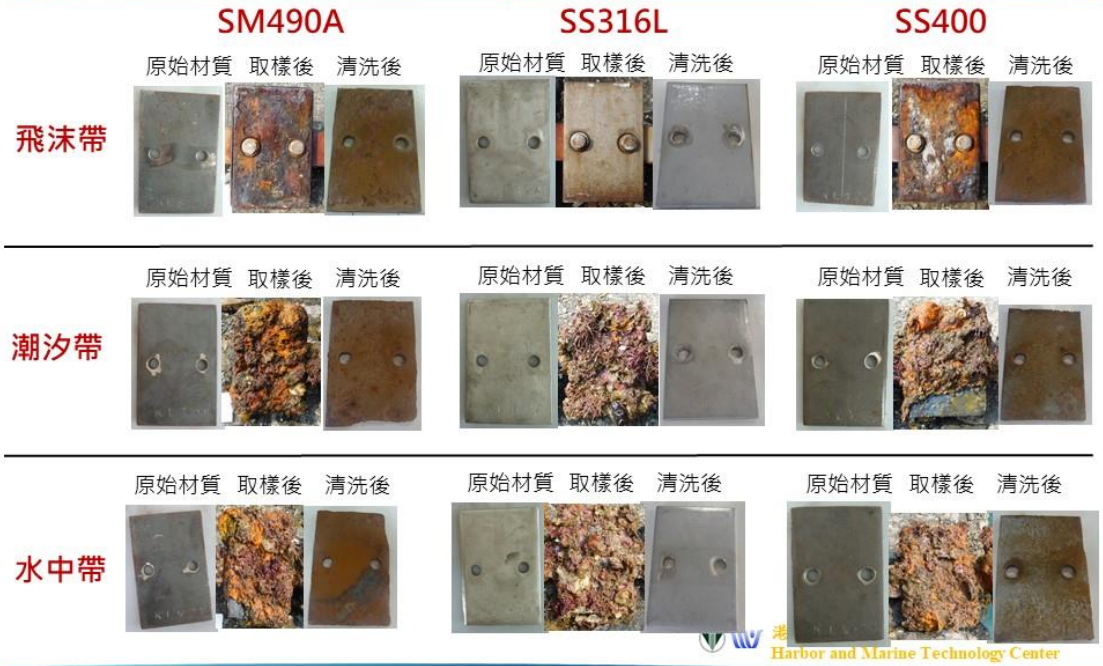
檢量線

港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

4. 水下金屬腐蝕速率分析與討論

港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

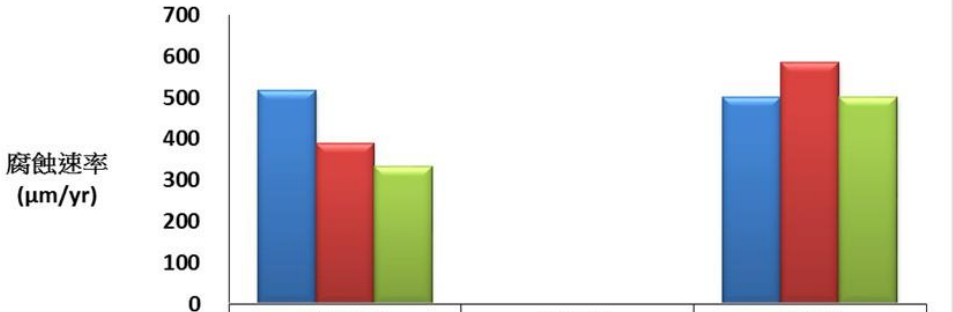
基隆港區水下金屬試驗分析結果 (2年期)



港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

基隆港金屬試片腐蝕速率與佈放位置比較圖

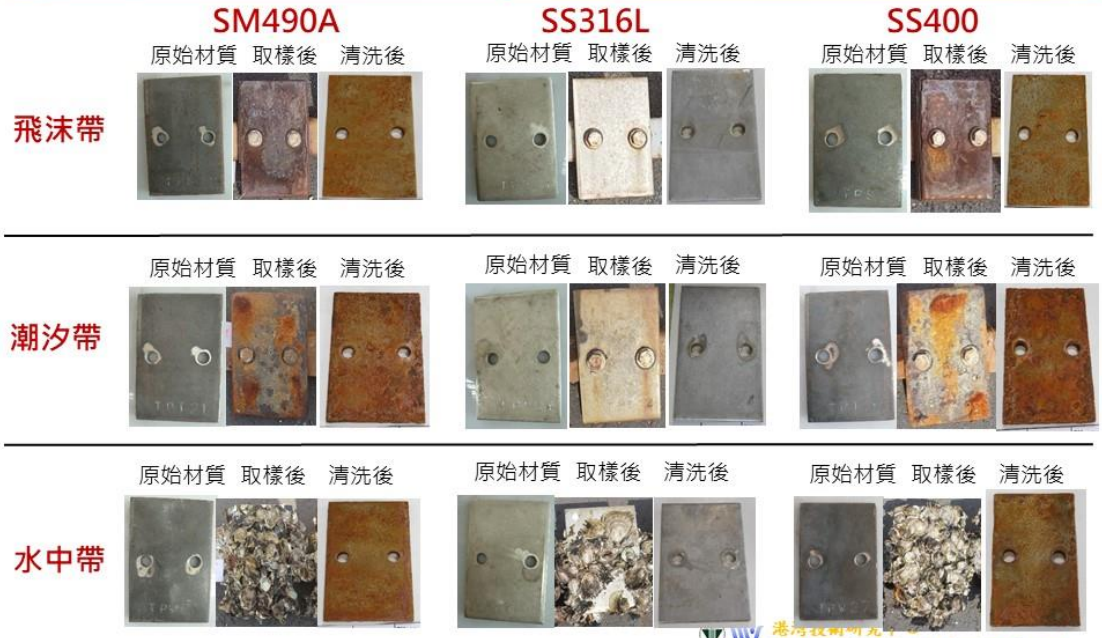
(第二年)



	SM490A	SS316L	SS400
飛沫帶	518.5	0.1	500.7
潮汐帶	390.4	2.7	586.4
水中帶	333.6	0.0	502.1

港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

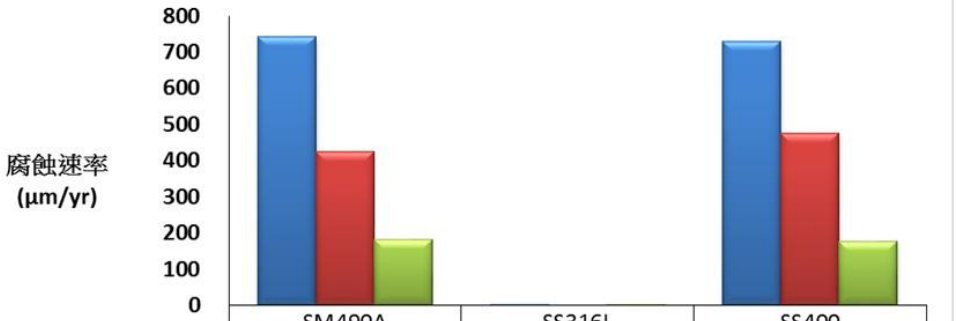
臺北港區水下金屬試驗分析結果 (2年期)



港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

臺北港金屬試片腐蝕速率與佈放位置比較圖

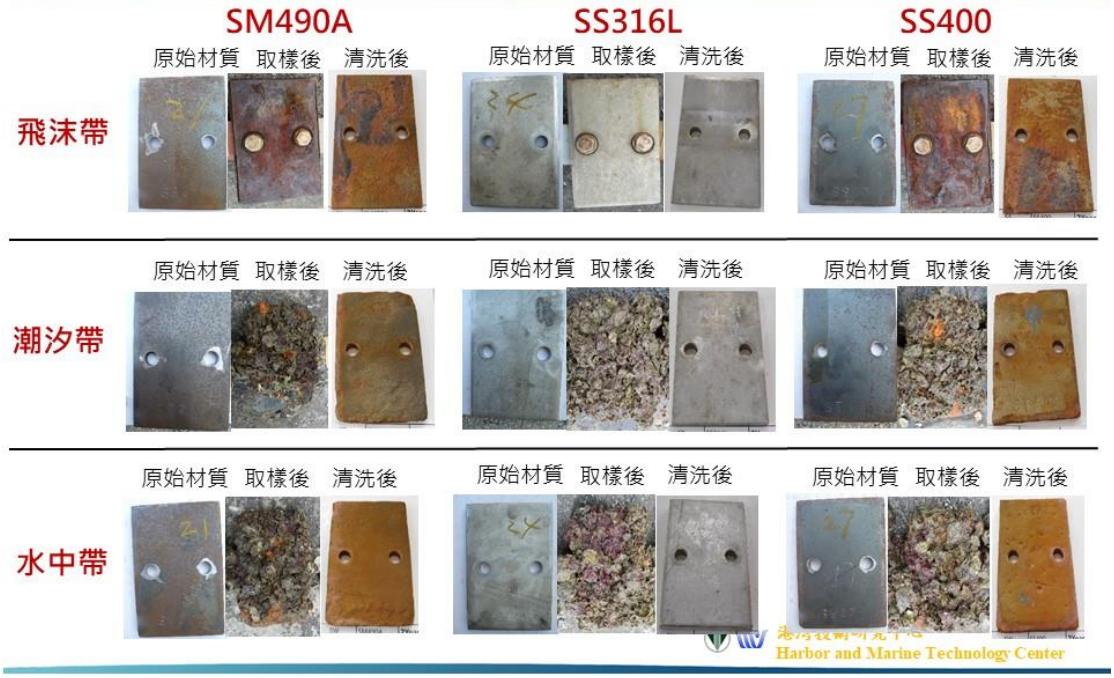
(第二年)



	SM490A	SS316L	SS400
飛沫帶	742.5	0.4	728.6
潮汐帶	425.2	0.0	475.1
水中帶	183.4	0.4	177.7

港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

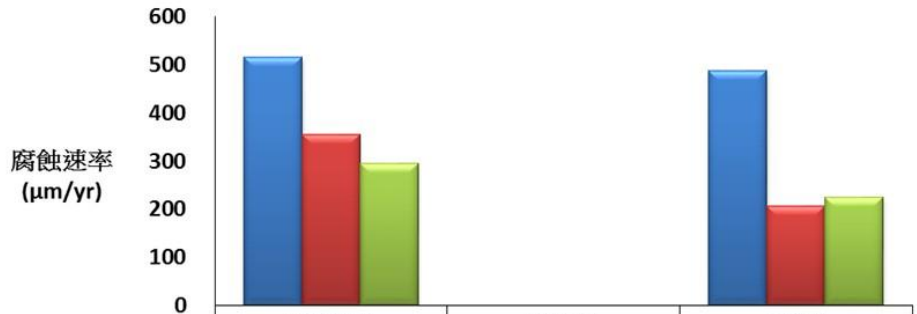
蘇澳港區水下金屬試驗分析結果
(2年期)



港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

蘇澳港金屬試片腐蝕速率與佈放位置比較圖

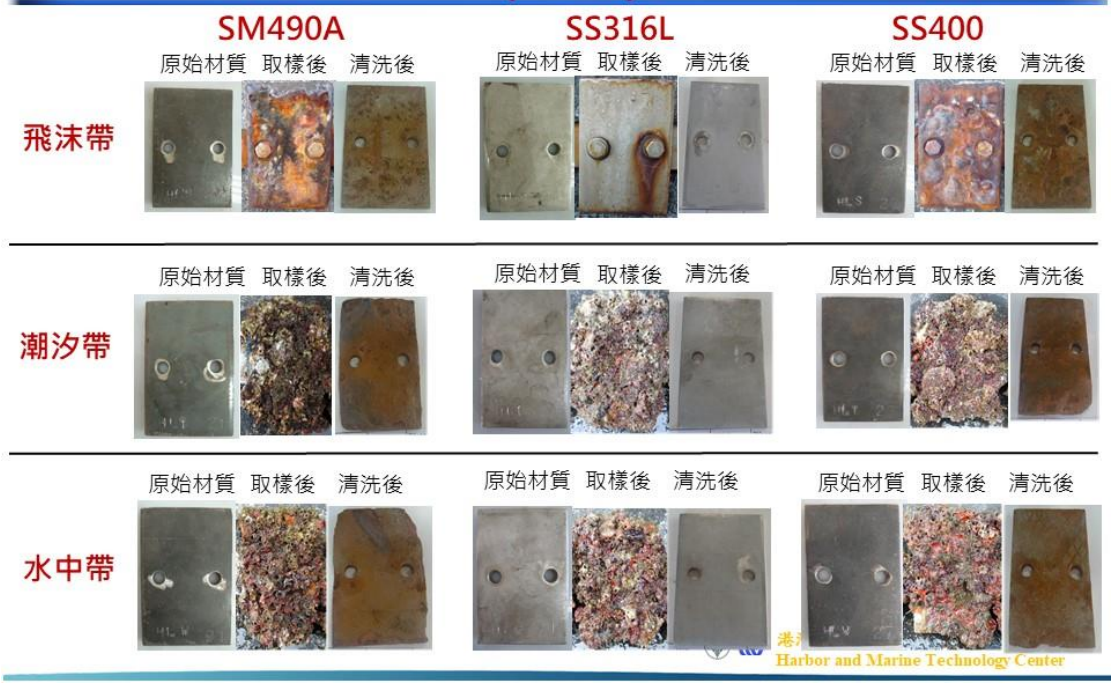
(第二年)



	SM490A	SS316L	SS400
大氣帶	516.5	0.0	487.3
潮汐帶	356.4	0.0	207.6
水中帶	295.2	0.0	226.0

港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

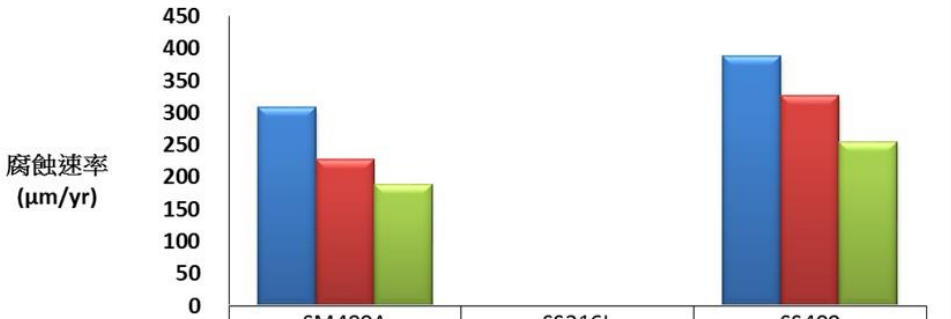
花蓮港區水下金屬試驗分析結果
(2年期)



Harbor and Marine Technology Center

花蓮港金屬試片腐蝕速率與佈放位置比較圖

(第二年)



	SM490A	SS316L	SS400
飛沫帶	308.5	0.2	388.0
潮汐帶	228.0	0.3	327.1
水中帶	189.4	0.0	255.5

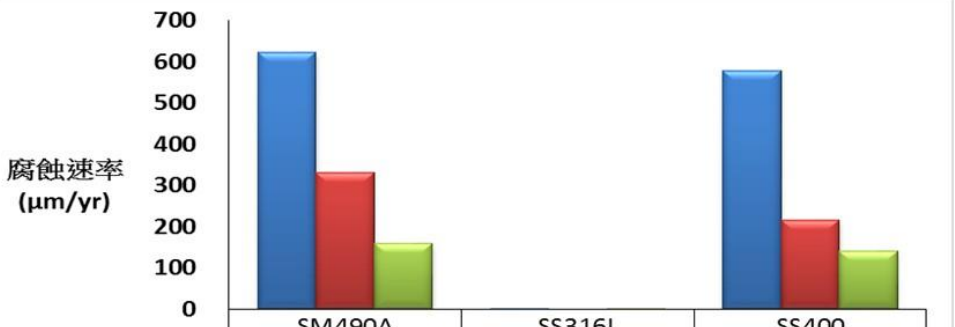
港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

臺中港區水下金屬試驗分析結果 (2年期)

港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

臺中港金屬試片腐蝕速率與佈放位置比較圖

(第二年)



	SM490A	SS316L	SS400
飛沫帶	623.9	0.6	577.8
潮汐帶	330.8	0.0	216.8
水中帶	159.7	2.0	142.3

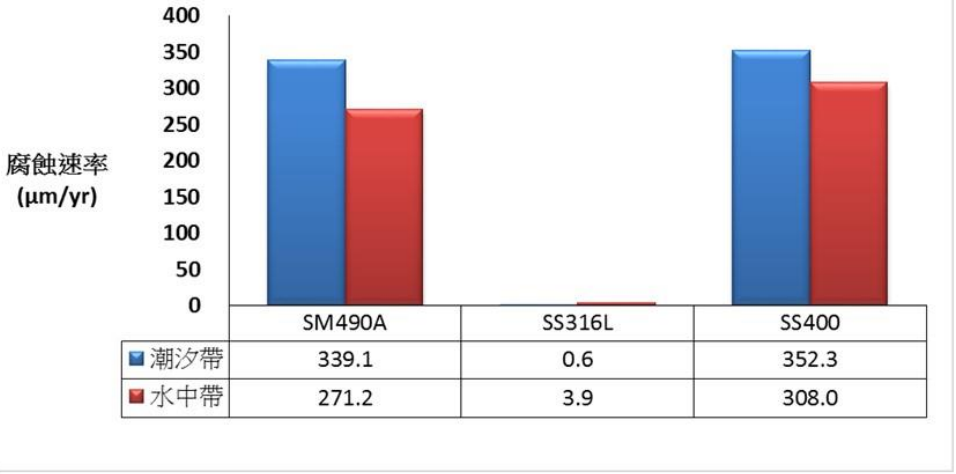
港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

布袋港區水下金屬試驗分析結果 (2年期)

港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

布袋港金屬試片腐蝕速率與佈放位置比較圖

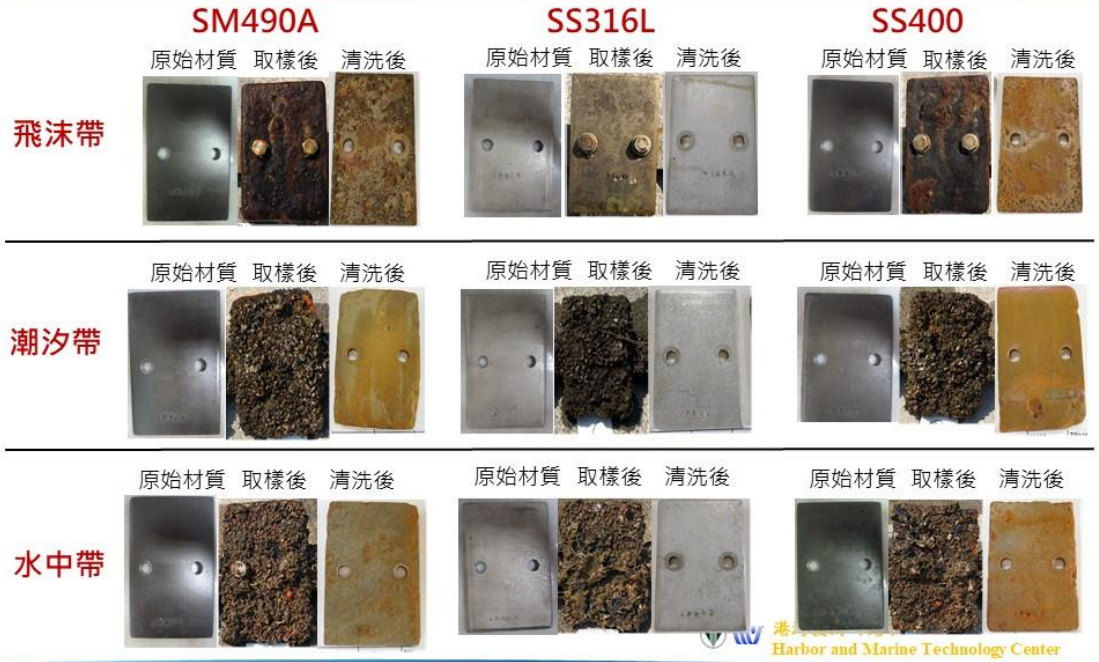
(第二年)



	SM490A	SS316L	SS400
潮汐帶	339.1	0.6	352.3
水中帶	271.2	3.9	308.0

港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

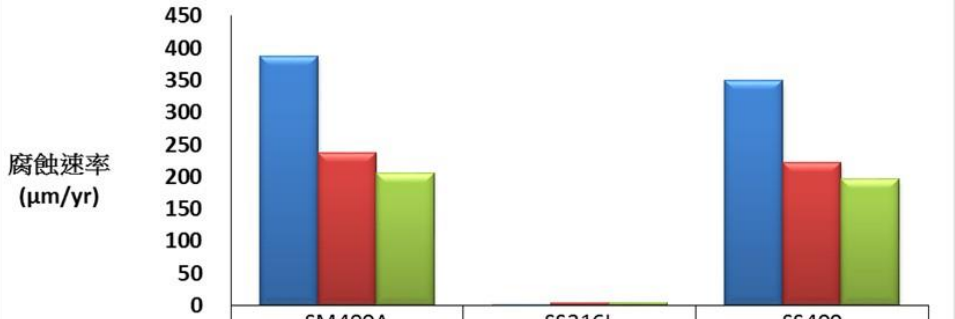
安平港區水下金屬試驗分析結果 (2年期)



港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

安平港金屬試片腐蝕速率與佈放位置比較圖

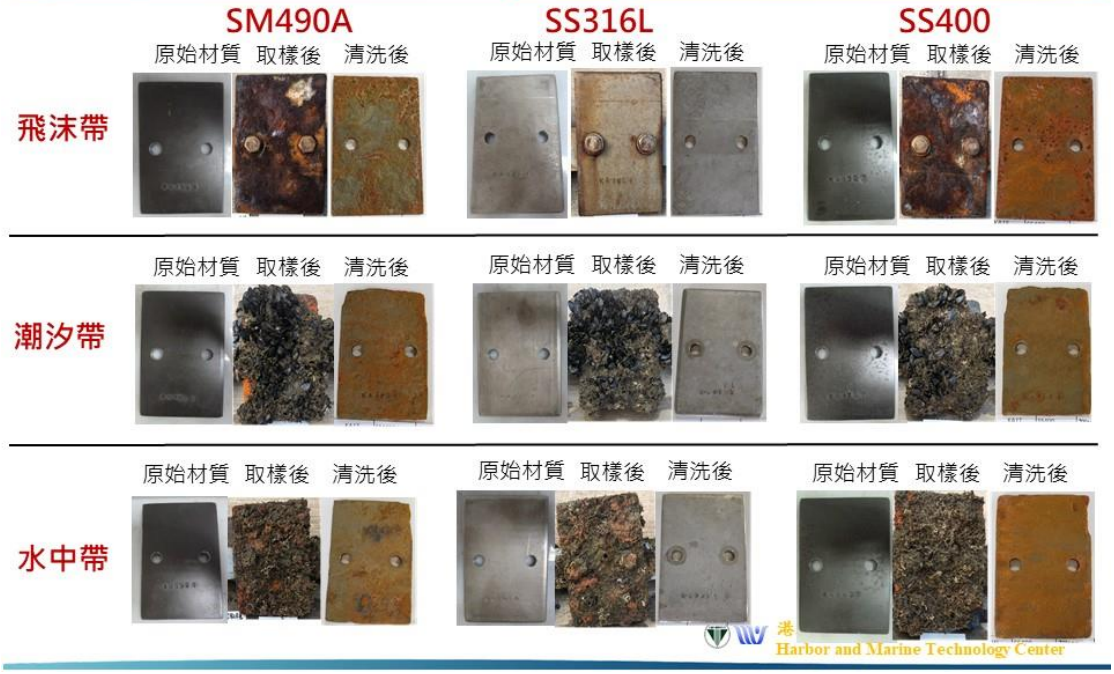
(第二年)



	SM490A	SS316L	SS400
飛沫帶	388.0	0.5	349.7
潮汐帶	237.3	4.4	222.9
水中帶	205.4	4.4	197.4

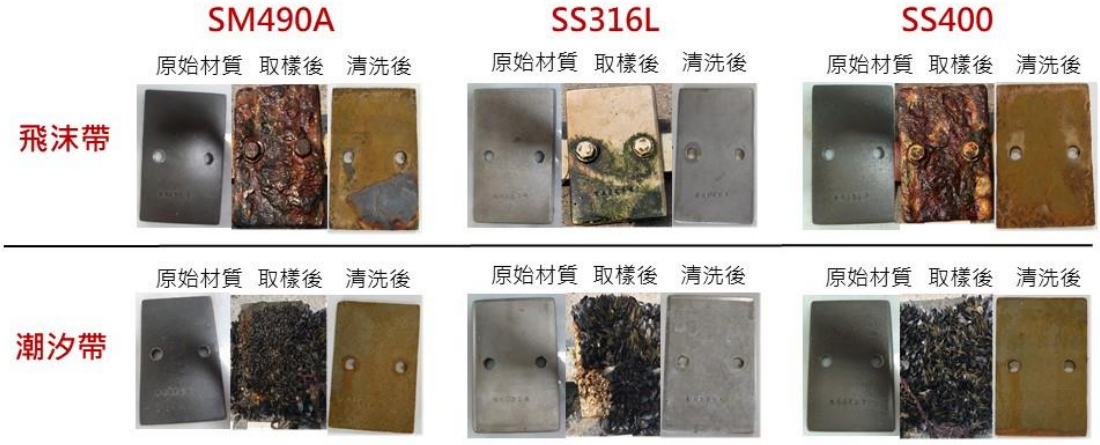
港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

高雄港#10碼頭水下金屬試驗分析結果 (2年期)



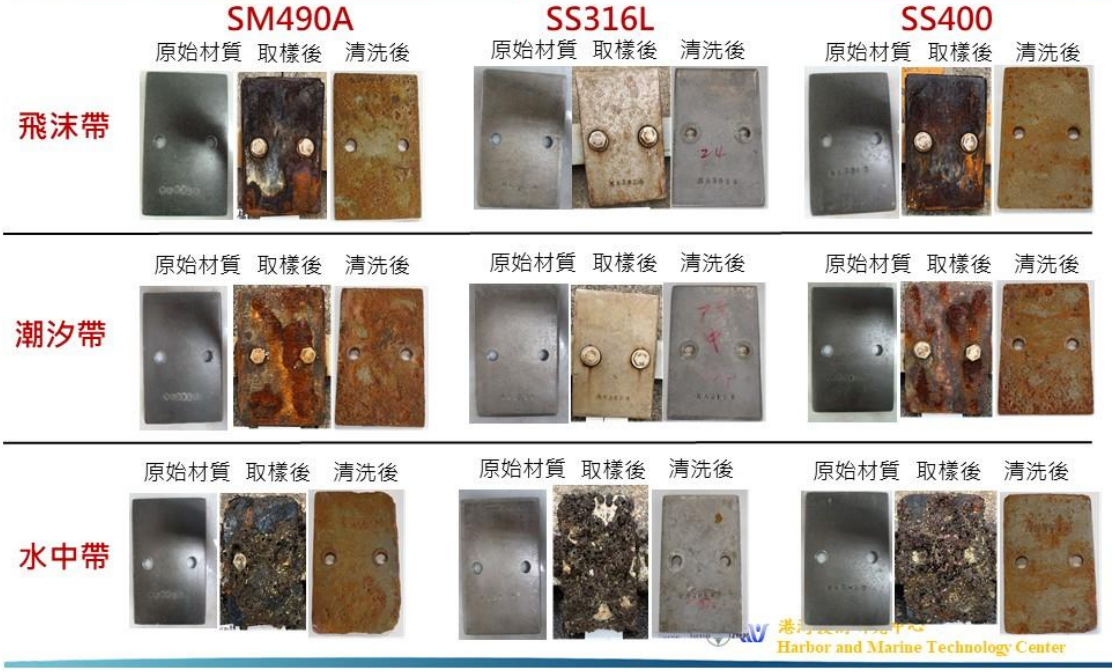
港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

高雄港#40碼頭水下金屬試驗分析結果
(2年期)



港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

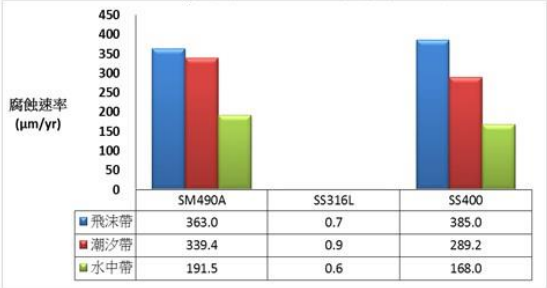
高雄港#75碼頭水下金屬試驗分析結果
(2年期)



港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

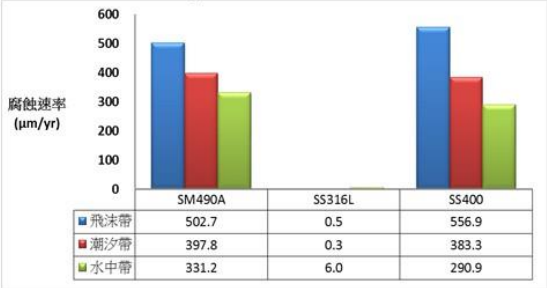
高雄港區金屬試片腐蝕速率與佈放位置比較圖

(高雄港#10碼頭第二年



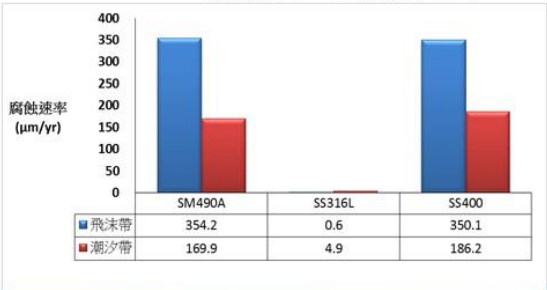
	SM490A	SS316L	SS400
飛沫帶	363.0	0.7	385.0
潮汐帶	339.4	0.9	289.2
水中帶	191.5	0.6	168.0

(高雄港#75碼頭第二年



	SM490A	SS316L	SS400
飛沫帶	502.7	0.5	556.9
潮汐帶	397.8	0.3	383.3
水中帶	331.2	6.0	290.9

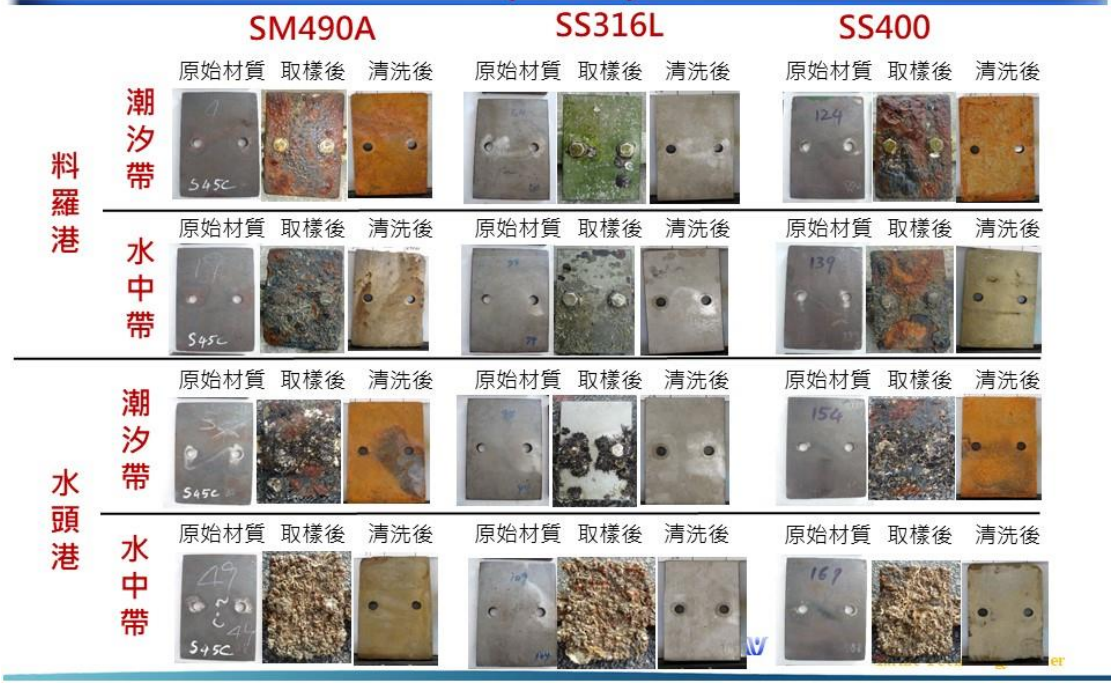
(高雄港#40碼頭第二年



	SM490A	SS316L	SS400
飛沫帶	354.2	0.6	350.1
潮汐帶	169.9	4.9	186.2

港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

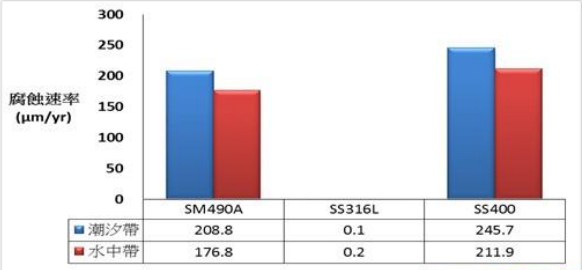
金門港區水下金屬試驗分析結果
(2年期)



金門港區金屬試片腐蝕速率與佈放位置比較圖

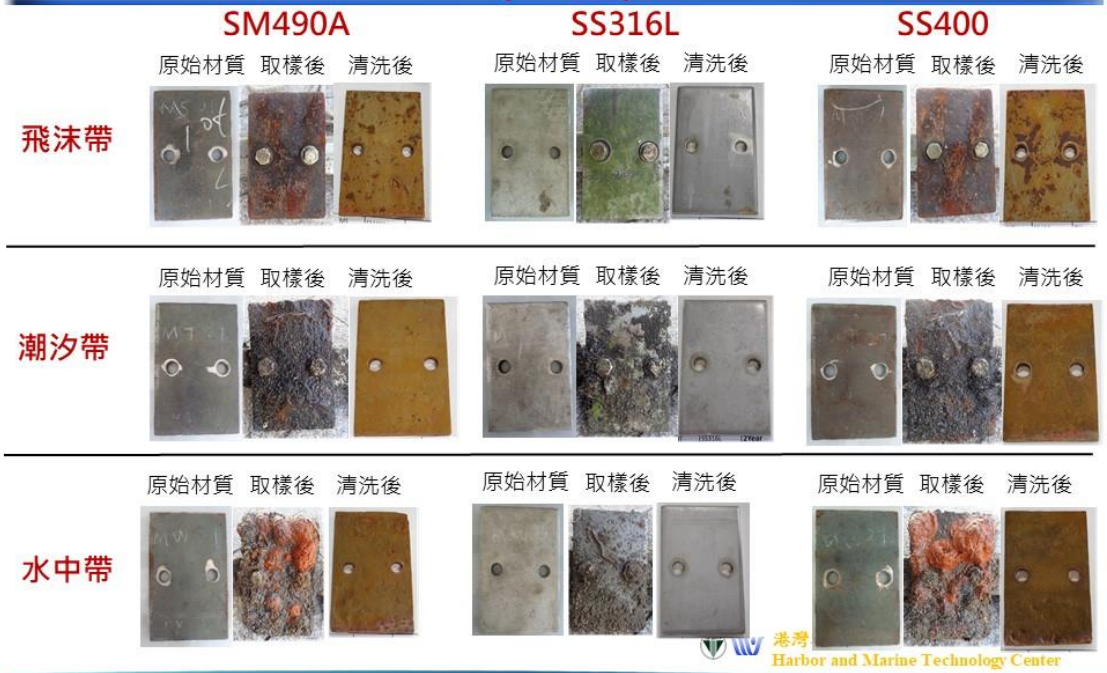
(料羅港第二年)

(水頭港第二年)



港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

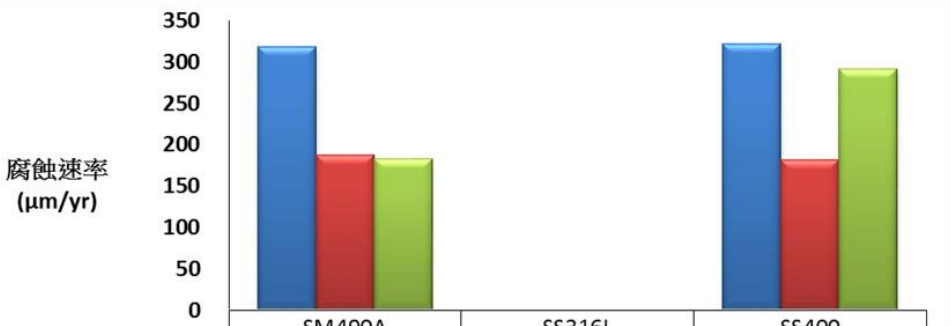
馬祖福澳港水下金屬試驗分析結果 (2年期)



港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

馬祖福澳港金屬試片腐蝕速率與佈放位置比較圖

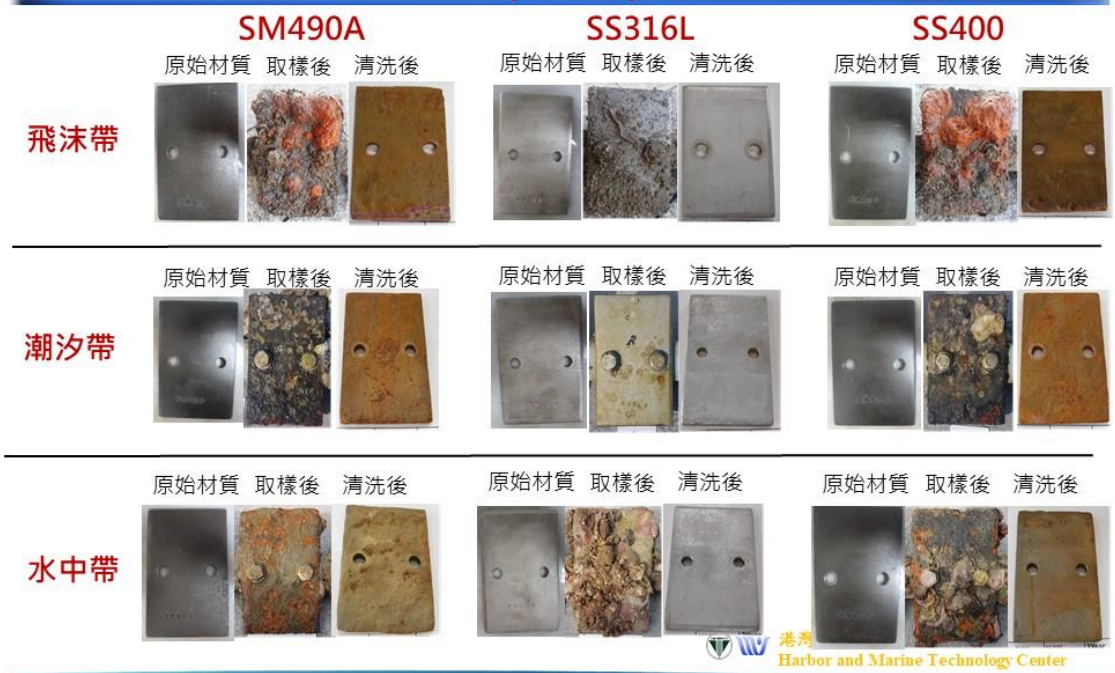
(第二年)



	SM490A	SS316L	SS400
飛沫帶	318.3	0.0	322.5
潮汐帶	188.2	0.0	181.5
水中帶	183.4	0.0	292.1

港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

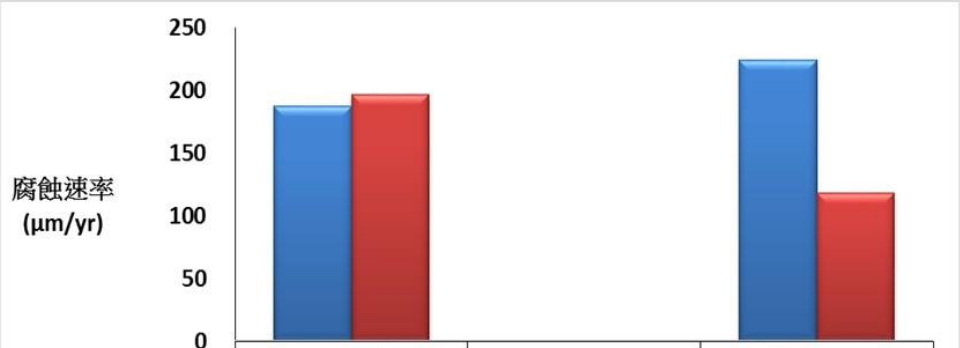
澎湖龍門港水下金屬試驗分析結果
(2年期)



港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

澎湖龍門港金屬試片腐蝕速率與佈放位置比較圖

(第二年)



	SM490A	SS316L	SS400
潮汐帶	187.2	0.7	223.9
水中帶	196.9	0.9	117.8

港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

港研中心循環水槽金屬試驗分析結果 (2年期)

SM490A　　SS316L　　SS400

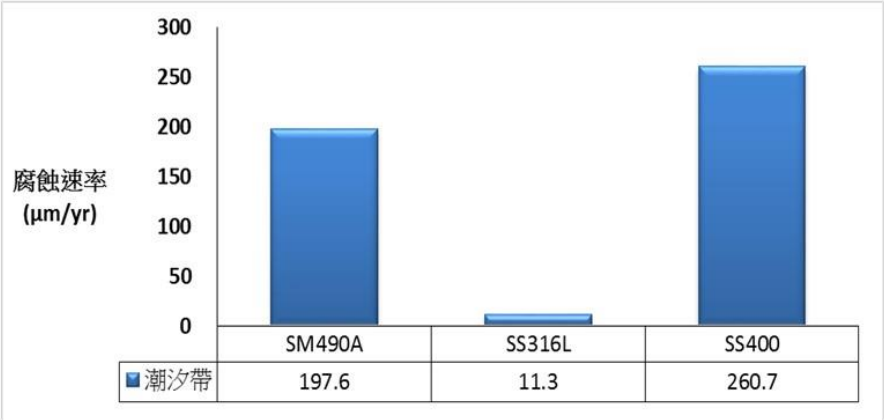
原始材質　取樣後　清洗後　　原始材質　取樣後　清洗後　　原始材質　取樣後　清洗後

水中帶

港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

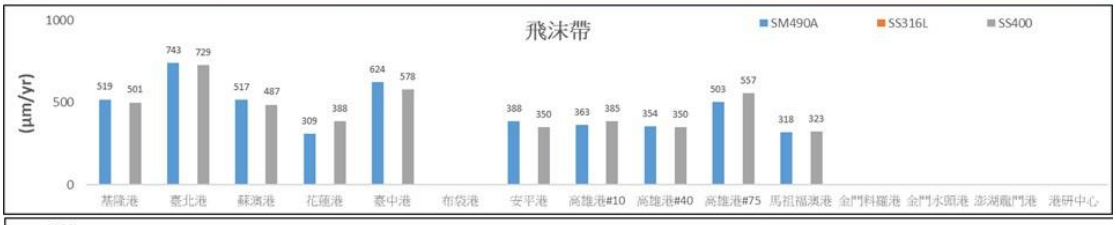
港研中心循環水槽金屬試片腐蝕速率與佈放位置比較圖

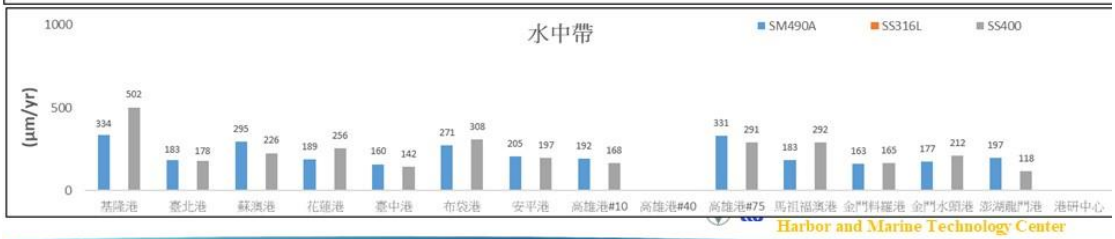
港研中心循環水槽
(潮汐帶第二年)



港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

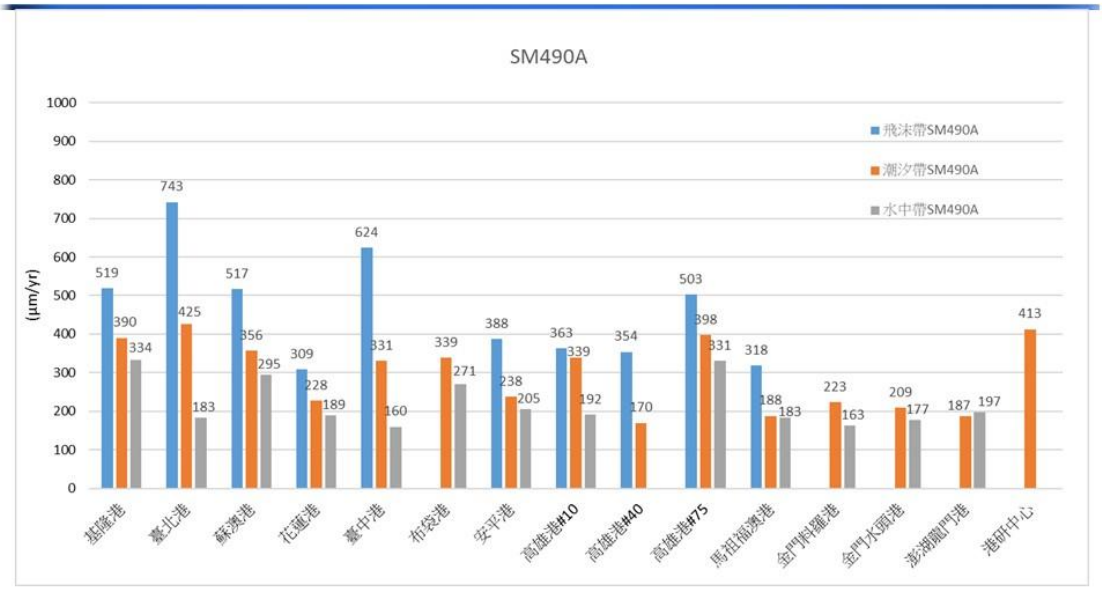
各港區第二年不同位置金屬腐蝕速率分析





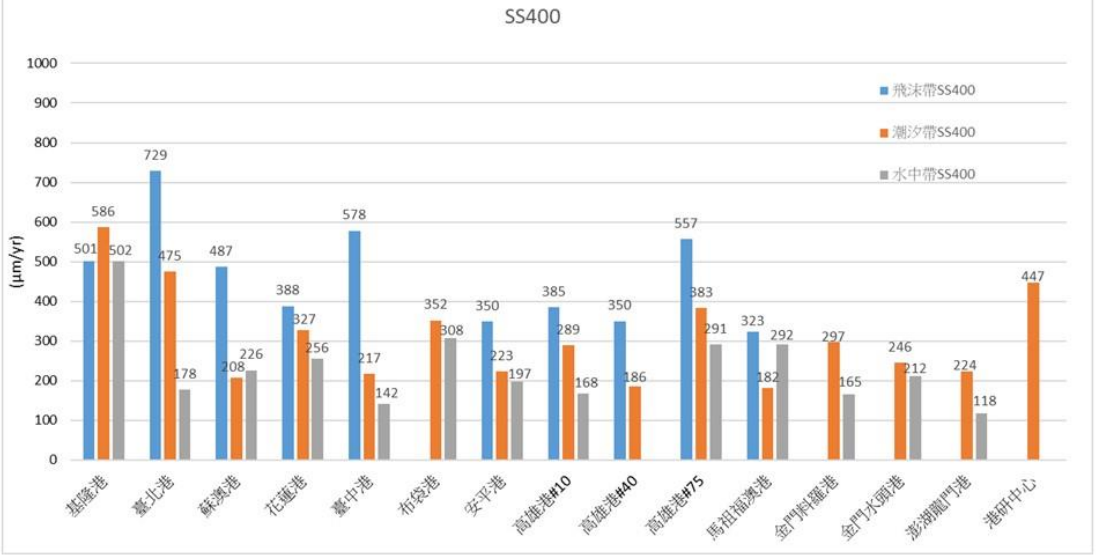
Harbor and Marine Technology Center

各港區第二年碳鋼金屬水下腐蝕速率分析



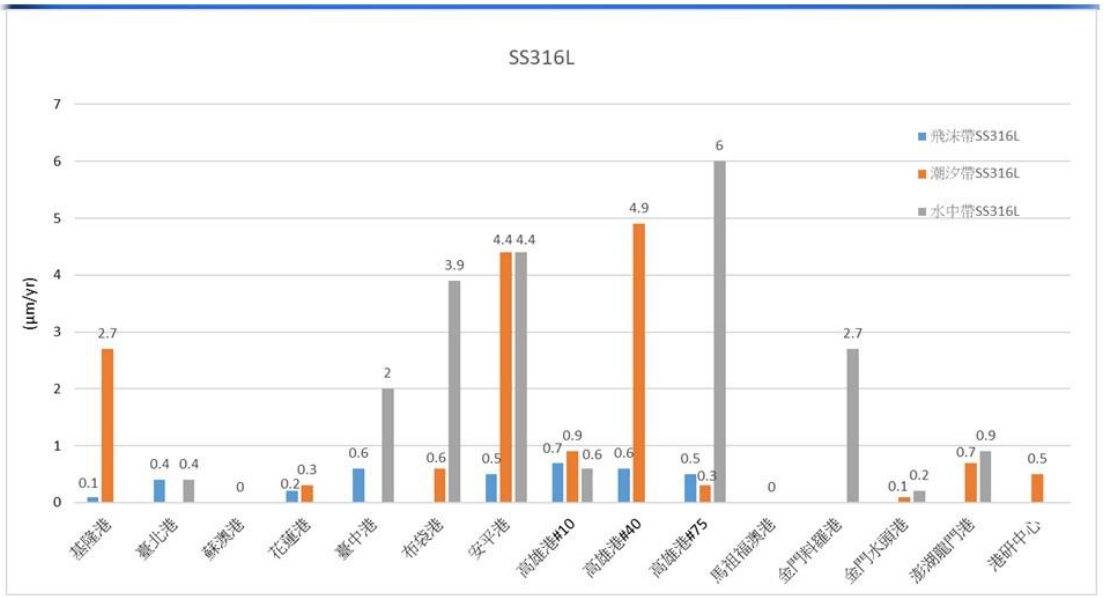
港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

各港區第二年低碳鋼金屬水下腐蝕速率分析



港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

各港區第二年不銹鋼金屬水下腐蝕速率分析



港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

5.海水水質分析

港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

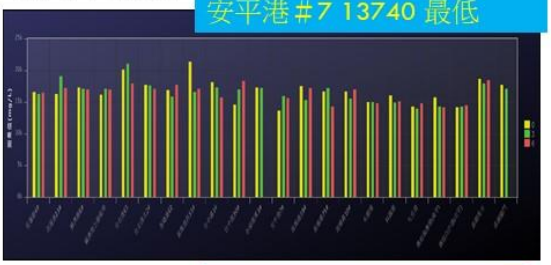
2019年 臺灣各商港不同季節 氯離子趨勢變化

2018年 第4季

布袋港#東3 19115 最高
白沙港 13068 最低

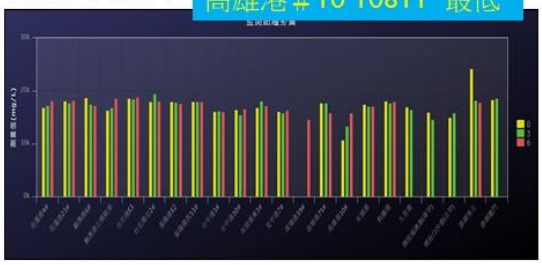
2019年 第1季

基隆港西#33 21409 最高
安平港＃7 13740 最低



2019年 第2季

馬公港24256 最高，
高雄港＃10 10811 最低



2019年 第3季

料羅港19814 最高
安平港＃7 14217 最低

港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

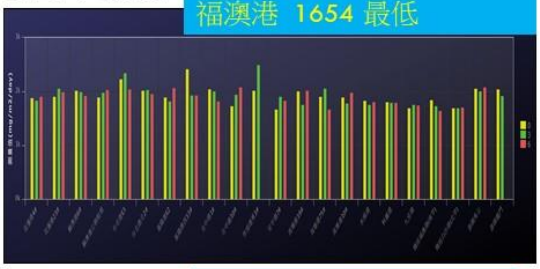
2019年 臺灣各商港不同季節 硫酸根離子趨勢變化

2018年 第4季

布袋港#東3 2227 最高
白沙港 1531 最低

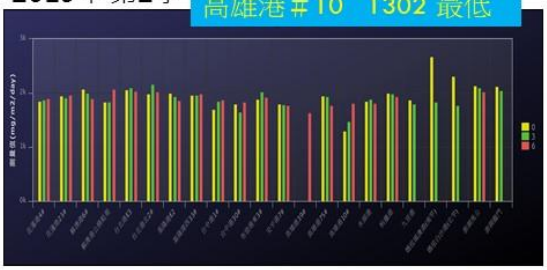
2019年 第1季

布袋港#東3 2506 最高
福澳港 1654 最低



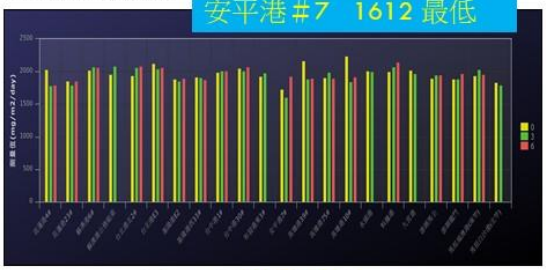
2019年 第2季

福澳港 2676 最高，
高雄港＃10 1302 最低



2019年 第3季

高雄港＃10 2243 最高
安平港＃7 1612 最低



港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

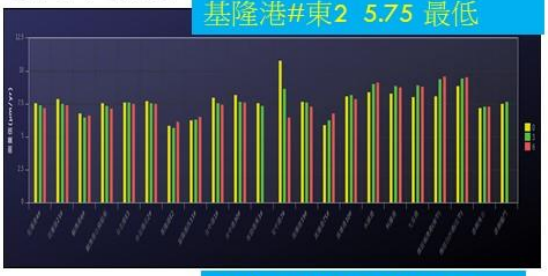
2019年 臺灣各商港不同季節 溶氧量趨勢變化

2018年 第4季

九宮港 8.82 最高
安平港#7 5.80最低

2019年 第1季

安平港#7 10.82 最高
基隆港#東2 5.75 最低



2019年 第2季

福澳港 9.04 最高，
高雄港＃40 3.99 最低

2019年 第3季

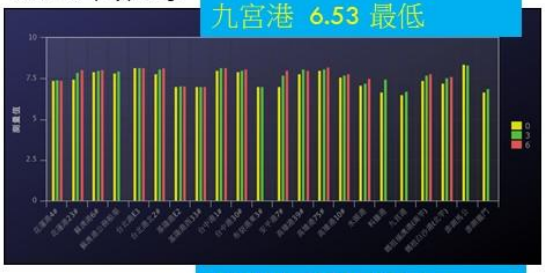
高雄港＃10 8.78 最高
安平港＃7 5.22 最低

港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

2019年 臺灣各商港不同季節 酸鹼度趨勢變化

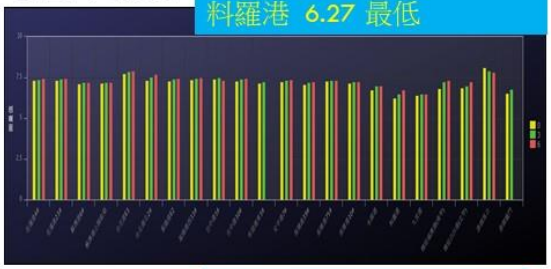
2018年 第4季

馬公港 8.38 最高
九宮港 6.53 最低



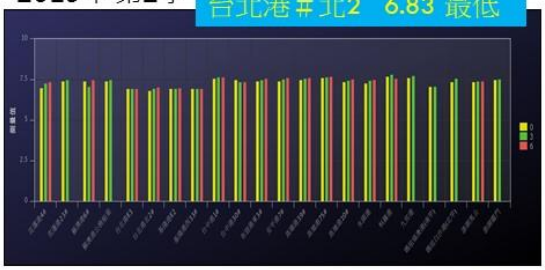
2019年 第1季

馬公港 8.13 最高
料羅港 6.27 最低



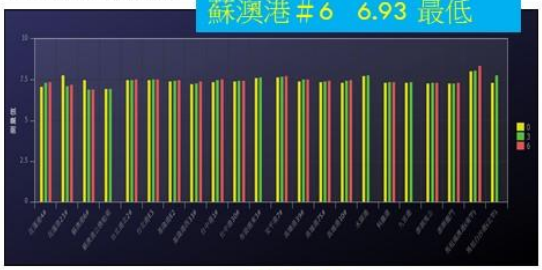
2019年 第2季

料羅港 7.83 最高，
台北港＃北2 6.83 最低



2019年 第3季

福澳港 8.40 最高
蘇澳港＃6 6.93 最低



港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

2019年 臺灣各商港不同季節 海水比電阻趨勢變化

2018年 第4季

布袋港#3 7.53 最高
台中港#1 38.15 最低

2019年 第1季

馬公港 67.67 最高
台中港#1 43.68 最低

2019年 第2季

龍門港 64.84 最高
高雄港＃10 33.19 最低

2019年 第3季

基隆港＃東2 65.17 最高
白沙港 41.82 最低

Harbor and Marine Technology Center

2019年 臺灣各商港不同季節 海水水溫趨勢變化

2018年 第4季

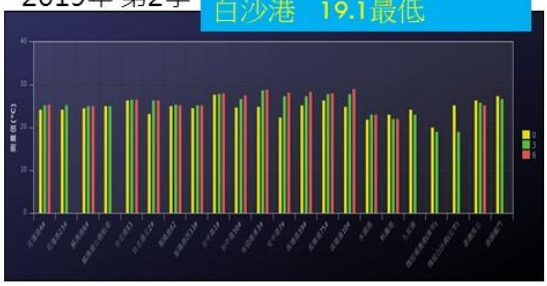
高雄港＃10 26.4 最高
福澳港 17.08 最低

2019年 第1季

高雄港＃40 25.8最高
白沙港 12.95 最低

2019年 第2季

高雄港＃10 29.1最高，
白沙港 19.1最低



2019年 第3季

高雄港＃40 31.1最高
台中港＃30 24.33 最低

港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

6.結語

1.各港區第2年不同位置金屬腐蝕速率分析調查結果發現，由第2年飛沫帶金屬暴露試驗結果，碳鋼介於309~743 (μm/yr)，最大腐蝕速率發生於臺北港743 (μm/yr)，低碳鋼介於323~729 (μm/yr)，最大腐蝕速率發生於基隆港729(μm/yr)。

2.各港區潮汐帶金屬暴露試驗結果，碳鋼介於170~425 (μm/yr)，最大腐蝕速率發生於臺北港425(μm/yr)，低碳鋼介於182~586 (μm/yr)，最大腐蝕速率也發生於基隆港586(μm/yr)。

港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

6.結語

3.各港區水中帶金屬暴露試驗結果，碳鋼介於160~334 (μm/yr)，最大腐蝕速率發生於基隆港334(μm/yr)，低碳鋼介於118~502 (μm/yr)，最大腐蝕速率發生於基隆港502(μm/yr)。

4.各港區第2年不同金屬水下腐蝕速率分析，由各港區第2年碳鋼金屬(SM490)暴露試驗結果，飛沫帶最大腐蝕速率發生於臺北港 743(μm/yr)，潮汐帶最大腐蝕速率發生於臺北港 425(μm/yr)，水中帶最大腐蝕速率發生於基隆港 334(μm/yr)。

港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

6.結語

5.由各港區第2年低碳鋼金屬暴露試驗結果，飛沫帶最大腐蝕速率發生於臺北港 729(μm/yr)，潮汐帶最大腐蝕速率發生於基隆港586(μm/yr)，水中帶最大腐蝕速率發生於基隆港502 (μm/yr)。

6.各港區第2年不銹鋼金屬水下腐蝕速率分析，可發現，飛沫帶最大腐蝕速率發生於高雄港#10 0.7(μm/yr)，潮汐帶最大腐蝕速率發生於高雄港#40 4.9(μm/yr)，水中帶最大腐蝕速率發生於高雄港#75 6(μm/yr)。

港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

簡報結束

恭請指正

港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center