



金門港區浮動碼頭腐蝕之探討 Study of Floating-box Dock Corrosion at King-men Harbor

柯正龍*、陳桂清、羅建明

Ko Jeng-Long*, Chen Quei-Ching, Lo Chien-Ming

中文摘要

金門港為島際間及兩岸小三通運輸需求，於水頭及九宮碼頭建有 4 座浮動碼頭與 1 座躉船設施。為確保浮動碼頭正常運作，本研究針對其基樁與浮箱鋼材進行腐蝕現況調查。調查顯示，大部份基樁與浮箱平均腐蝕速率均低於設計規範，少數基樁與浮箱保護電位不足，建議水下浸水部位應補足防蝕需求，大氣部位選用耐磨、耐蝕塗裝系統，避免鋼材持續腐蝕。

關鍵詞：浮動碼頭；維護管理；腐蝕防治。

Abstract

Owing to communicating local islands and cross-strait transportation demanding, four floating-box and one grocery docks were built at Swe-tou and Cho-kon. For assuring ports normal operation, the actual corrosive situation of foundation piles of floating-box and grocery docks were surveyed in this study. The results of average corrosion rates of most piles and boxing were shown that the corrosion protection is below the design criteria. A few parts need more corrosion protections.

Keywords: Floating-box dock; Maintain management; Corrosive protected.

1. 前言

港區建造傳統高程固定之碼頭，如港域潮差甚大，須設計較大高度岸壁，常不符經濟成本效益，爰此，可考慮改採用浮動碼頭。浮動碼頭之

本體多為長方形浮於水面之浮箱，可將若干浮箱連接成所需長度，其佈置形式可類為橫向碼頭或突出碼頭。浮箱建造材料可用鋼材或鋼筋混凝土。由於浮動碼頭會隨潮汐升降，故其與陸地間須藉

收到日期：2018 年 4 月 19 日

修訂日期：2018 年 9 月 25 日

接受日期：2018 年 10 月 13 日

交通部運輸研究所港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

*聯絡作者：jerry@gmail.comail.ihmt.gov.tw

聯絡橋梁連接，水上位置之維持，則藉由港底拋錨或打設鋼管樁固定。浮動碼頭之缺點為不耐較大風浪且載重能力有限，優點為必要時可遷移地點，甚為簡便。浮動碼頭多為渡輪使用，載運渡客與車輛，較不常用於貨物碼頭。

由於金門地區冬季受東北季風影響，夏季受西南氣流影響，加上霧季、潮差及颱風影響，碼頭(含浮動碼頭)及防波堤等港灣構造物受波浪衝擊作用與海水鹽份侵襲，甚易損壞或腐蝕，降低港池水域安定性與遮蔽等服務功能，對港口安全與營運有重大的影響。亦因金門港潮差甚大，為大小金門(九宮、水頭港區)島際交通與發展大陸地區小三通(水頭港區)航運需要，如建造高程固定碼頭搭配階梯設施，須有較大高度，不符經濟效益且進出較不便利，爰此，金門縣港務處以採用鋼製之浮動碼頭替代傳統碼頭。浮動碼頭構件主要包含：固定基樁、浮箱與聯絡引橋，其中浮箱高程會隨潮汐高低而升降。

為確保金門港浮動碼頭設施正常運作、增進維護管理效能與瞭解設施現況，本研究針對其基樁與浮箱進行腐蝕現況調查及防蝕效能檢測，期能藉由調查成果，針對水頭與九宮等港區之浮動碼頭，提出維修改善建議，檢測結果並將新增於「金門港港灣構造物維護管理系統」資料庫內，提供金門縣港務處參考應用。

2. 研究方法

2.1 浮動碼頭基本及檢測維修資料蒐集

構造物基本資料包括有隸屬港口，碼頭編號，碼頭長度、縱深，船隻靠泊(船席)水域深度，包括原設計水深及調查水深；靠泊船隻屬性；靠泊船級、最大噸位；碼頭構造型式等。維修資料蒐集則應包含維修時間、工法與材料、供料單價...等。

2.2 浮動碼頭目視調查

圖 1 與圖 2 分別為浮動碼頭側視與俯視之示意圖。由研究人員及潛水人員依據交通部運輸研究所研擬之港灣構造物檢測項目與標準^[1-2]，將其拆解為鋼管樁、浮箱、聯絡橋(如圖 3 至圖 5 所示)等三大構件，再依其各自所含細部構件再進行分類，浮箱包含面板、滑動滾輪組(如圖 6 所示)、繫船柱、防舷材與車擋等；聯絡橋包含面板、鉸接端等，圖 7 為構件拆解架構示意。調查時於浮動碼頭陸上與水下以近距離觀查結構體外觀狀況，如鋼管樁、鋼製浮箱、滑動滾輪組、鏈條、聯絡橋鋼材等，是否出現鋼材腐蝕、龜裂、損傷、混凝土劣化損傷腐蝕破洞或構件塗裝剝離、腐蝕、異音等劣化損傷現象，並描繪記錄劣損位置及情形，劣化狀況依其程度分為 a、b、c、d 四個等級^[3-4]，a 為構件性能有顯著弱化情況；b 為構件性能有弱化情況；c 為有異狀，但還不到構件性能弱化狀態；d 為未有異狀。各座碼頭結構體應逐一編號記錄。表 1 為浮動碼頭目視檢測標準與其分級。

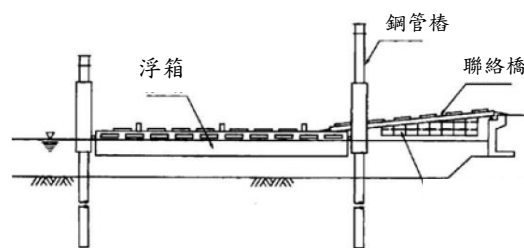


圖 1 浮動碼頭側視圖示意。
Figure 1 Side view of floating-box dock.

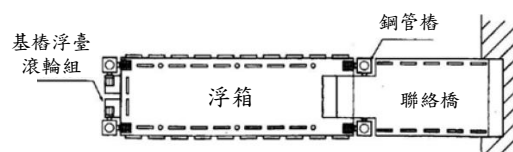


圖 2 浮動碼頭俯視圖示意。
Figure 2 Looking down of floating-box dock.



圖 3 浮動碼頭鋼管樁。
Figure 3 Floating-box dock of steel piles.



圖 4 浮動碼頭浮箱。
Figure 4 Floating-box dock grocery.



圖 5 浮動碼頭聯絡橋。
Figure 5 Floating-box dock contact bridge.



圖 6 浮動碼頭浮箱滑動滾輪組。
Figure 6 Floating-box dock grocery sliding wheel group.

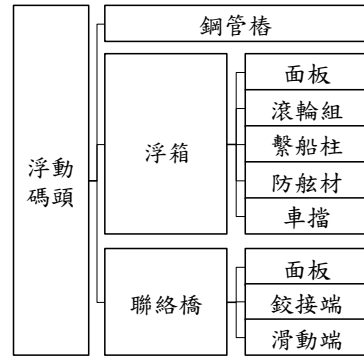


圖 7 浮動碼頭構件拆解圖。
Figure 7 Floating-box dock and dismantling.

表 1 浮動碼頭目視檢測標準^[1]。
Table 1 Floating-box dock for Visual inspection standard.

構件		劣化類型	劣化狀況	劣化狀況說明
浮箱	浮箱外部	鋼材腐蝕、龜裂、損傷(鋼材)	1	無異狀
			2	—
			3	—
			4	因腐蝕引起之穿孔、變型或其它明顯損傷
	混凝土劣化損傷(RC)	1	無異狀	
		2	輕微裂縫或點狀鏽水產生	
		3	直徑 3mm 以下鋼筋混凝土之裂縫部份鏽水產生	
		4	直徑 3mm 以上鋼筋混凝土之裂縫或保護層剝落或大範圍鏽水產生或貫通的裂縫	
	混凝土劣化損傷(PC)	1	無異狀	
		2	—	
		3	—	
		4	有裂縫或鏽水	
	浮箱內部	本體龜裂、損傷	1	無異狀
			2	—
			3	—
			4	可看見因裂縫、歸列或損傷引起之浸水
滾輪組	塗裝剝離、腐蝕、異音	1	無異狀	
		2	—	
		3	—	
		4	從支承部位發出之異常聲音	
鋼管樁	磨耗、腐蝕	1	無異狀	
		2	可看見被覆材輕微損傷	

構件	劣化類型	劣化狀況	劣化狀況說明
		3	鋼管樁有輕微磨耗或孔被覆材全面龜裂或剝離
		4	鋼管樁有變形、明顯磨耗或穿孔或鋼管樁有明顯磨耗
		1	無異狀
		2	—
連絡橋	鋼材腐蝕、龜裂、損傷	3	—
		4	因腐蝕引起之穿孔、變形或其他明顯損傷
		1	無異狀
		2	—
鉸接端	塗裝剝離、腐蝕、異音	3	—
		4	從支撐部位發出之異常聲音
		1	無異狀
		2	—

2.3 鋼板（管）樁厚度檢測

以超音波厚度儀之探頭，接觸已敲除清理乾淨之鋼板（管）樁表面，讀取鋼板樁厚度，鋼板（管）樁每面於每一水深測點，量取三次厚度數據，平均後即為現有厚度。

2.3.1 厚度量測之原理

超音波厚度儀係利用脈衝原理，由於音波在鋼材之傳播速率為一定值，因此，由探頭傳送出一彈性波，經鋼材表面至內壁之傳播時間，即可算出波通過路徑之距離（鋼材厚度），精準度可達 $\pm 0.1\text{mm}$ ，可由接收器直接讀取厚度。

2.3.2 腐蝕速率計算

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

2.4 防蝕系統檢測

陰極防蝕效果的檢測通常是以電位的測定來進行，透過高電阻電壓計與參考電極測定鋼構物的電位，掌握防蝕設施的電位分佈狀況進而得

知防蝕狀態。海水中鋼構造物之防蝕保護電位標準如表 2 所示，圖 8 為使用海水氯化銀參考電極進行電位測定，數值假如比 -780 mV (vs. 飽和甘汞電極, SCE) 低的話，即表示鋼材處在防蝕狀態。電位測定示意如圖 9 所示。

表 2 海水中鋼構造物之防蝕保護電位標準^[5]。
Table 2 Standard potential for Anti-corrosion protection of steel structures in seawater.

防蝕電位	參考電極
-780 mV vs. SCE	飽和甘汞電極
$-800\text{ mV vs. Ag/AgCl/seawater}$	海水氯化銀電極
$-750\text{ mV vs. Ag/AgCl/sat'd KCl}$	飽和氯化銀電極
$-850\text{ mV vs. Cu/CuSO}_4$	飽和硫酸銅電極

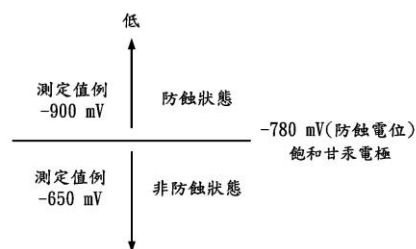


圖 8 防蝕效果的判定方法。
Figure 8 Method for corrosion effect judgment.

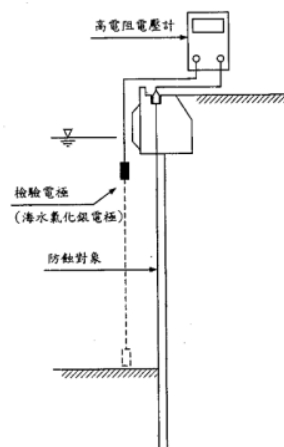


圖 9 電位測定示意圖。
Figure 9 Potential measurement diagram.

3. 結果與討論

3.1 浮動碼頭基本及檢測維修資料蒐集

水頭及九宮港區各浮動碼頭設置時間、基樁

直徑與數量、浮箱尺寸與使用鋼材厚度等資料如表 3 所示，其相關位置如圖 10 及圖 11 所示。浮動碼頭平面、浮箱附件配置、基樁斷面與防蝕系

統、陰極防蝕陽極塊等如圖 12 及圖 15 所示。港域設計最高高潮位及最低低潮位(H.H.W.L、L.L.W.L)分別為 +6.63m ~-0.80m 船席水深 -4.0m。

表 3 水頭及九宮港區浮動碼頭資本資料。

Table 3 Fundamental data of Swe-tou & Cho-kon port floating-box dock.

項目	水頭大小金 浮動碼頭	水頭小三通 1 浮動碼頭	水頭小三通 2 浮動碼頭	水頭 五緣躉船	九宮大小金 浮動碼頭
設置時間 (年.月)	C、D(88.12) A、B(99.8)	94.5	100.3	---	C、D(88.12) A、B(99.8)
基樁數量 (支)	8(A 區) 8(B 區) 6(C 區) 5(D 區)	7(A 區) 8(B 區) 15(C 區)	8(A 區) 14(B 區)	---	8(A 區) 8(B 區) 6(C 區) 5(D 區)
浮箱大小 (m)	15 x 15 32 x 15	15 x 15 32 x 15	48 x 15	30 x 7	15 x 15 32 x 15
浮箱高度 (m)	2.0 2.5	2.5 2.5	2.5	1.8	2.0 2.5
基樁直徑(mm)	900	900	900	---	900
基樁鋼材厚度 (mm)	19.0 (CD) 25.0 (AB)	19.0 (ACD) 22.0 (B)	22.0	---	19.0 (CD) 25.0 (AB)
浮箱鋼材厚度 (mm)	10.0 (CD) 12.0 (AB)	12.0	12.0	10.0	10.0 (CD) 12.0 (AB)



圖 10 水頭港區浮動碼頭位置。

Figure 10 Floating-box dock location at Swe-tou port.



圖 11 九宮港區浮動碼頭位置。

Figure 11 Floating dock location at Cho-kon port.

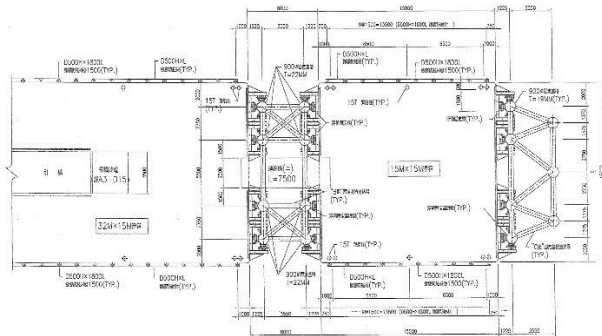


圖 12 浮動碼頭平面圖(以九宮港 CD 區為例)。

Fig.12 Floating-box dock plans.

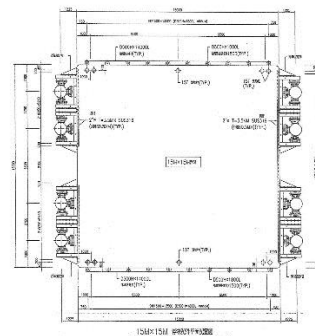
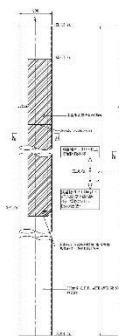


圖 13 浮箱附件配置圖(以九宮港 CD 區為例)。

Fig.13 Grocery accessories.

a. Coal-tar Epoxy 塗裝



b. 安裝陰極防蝕陽極塊

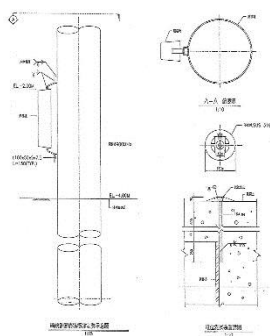


圖 14 基樁斷面與防蝕系統。

Fig.14 Pile section & anti corrosion system.

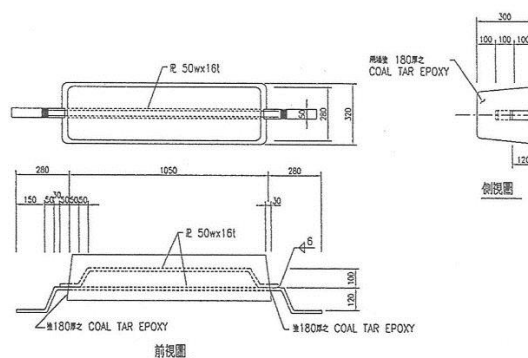


圖 15 陰極防蝕陽極塊詳圖。

Fig.15 Cathodic protection anodes.

3.2 浮動碼頭目視調查

水頭與九宮各浮動碼頭，陸上目視調查結果如圖 16 所示，基樁潮間帶部位及浮箱位於水線上下附近之鋼材表面，覆著藤壺等海生物，因浮箱隨潮汐浮動，與其固定器不銹鋼滾軸接觸之基樁表面磨損出現防蝕面漆剝蝕現象，浮箱滾軸並無明顯損傷，惟從支承部位有發出磨擦聲音。浮箱、

鋼管樁、鏈條、聯絡橋等鋼材之防蝕披覆與塗膜損壞面積率達 0.3% 以上未達 10%，劣化程度均未達 a(構件性能有顯著弱化情況)或 b(構件性能有弱化情況)之等級，故無立即危險性顧慮。水下目視檢測，調查時未發現鋼材表面有明顯腐蝕或穿孔破洞現象。

a. 基樁滑動套磨損情形



b. 基樁潮汐帶現況



c. 浮箱固定器滾軸現況



d. 浮箱表面現況



圖 16 浮動碼頭陸上目視調查照片。

Fig.16 Photo for visual inspecting of floating-box dock.

3.3 浮動碼頭基樁鋼板厚度檢測

基樁鋼材厚度量測位置，選定+3.0m、+2.0m、+1.0m、+0.0m、-0.5m、-1.0m、-1.5m、-2.0m、-2.3m等9個高程為測點。圖17為水頭與九宮各浮動碼頭基樁鋼板高程與平均腐蝕速率關係。厚度檢測與腐蝕速率結果顯示，各基樁鋼板平均腐蝕速率介於0.03~0.09 mm/yr.之間，單一測點最大腐蝕速率僅0.12 mm/yr.，腐蝕減少厚度小於1.0 mm。整體而言，潮間帶及水中帶之腐蝕速率差異不大，且均小於規範設計允許值(0.20 mm/yr.)，雖然九宮

港浮動碼頭 C、D 區調查時，基樁未安裝陰極防蝕陽極塊，但在高程 EL±0.00m 以下，有採用 Coal-tar Epoxy 塗裝，其腐蝕速率與有安裝陰極防蝕陽極塊區域相較，無明顯偏高，顯示潮間帶之塗裝與水中帶之陰極防蝕均已達到保護鋼板樁之目的。由於基樁陰極防蝕系統使用時間均尚未達設計年限(20 年)，建議浮動碼頭 C、D 區應增安裝陽極塊，後續亦應實施定期檢測，以確保碼頭結構使用安全。

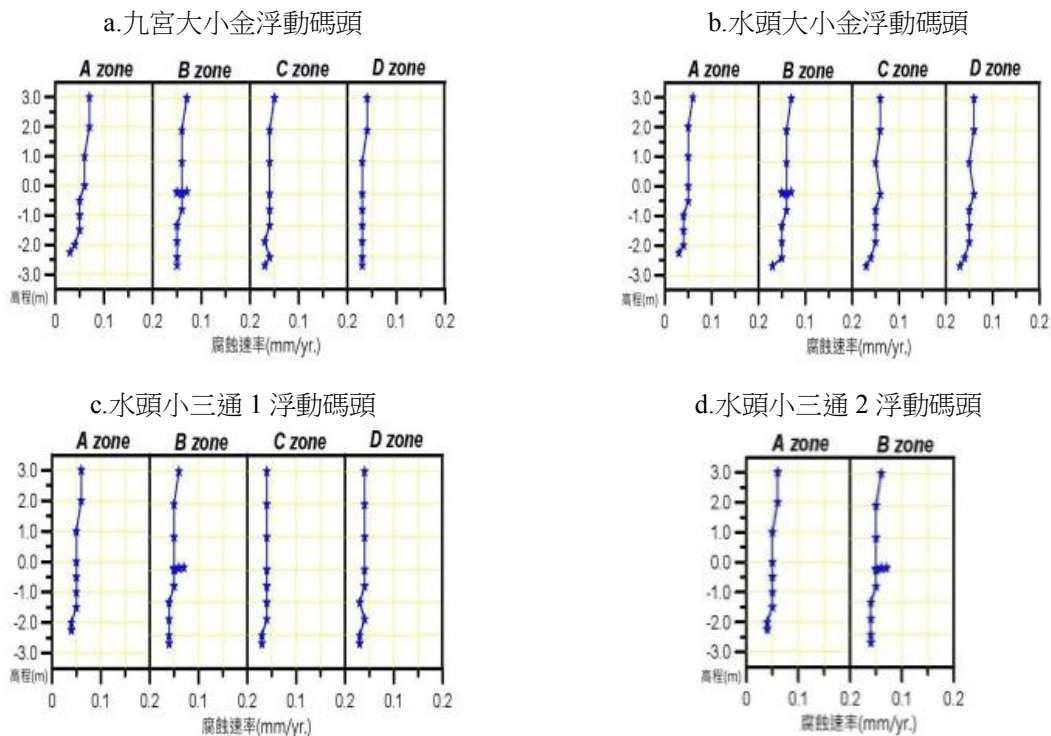


圖 17 基樁鋼板高程與平均腐蝕速率關係。

Fig.17 Relative of Steel Pile elevation & average corrosion rate.

3.4 浮動碼頭浮箱鋼板厚度檢測

浮箱鋼材厚度量測高程共取 3 點，分別於水線及其上下各約 50cm 處量測之。厚度量測與腐蝕速率計算結果顯示，各浮箱鋼板之腐蝕速率介於 0.02~0.11 mm/yr.之間，九宮港浮動碼頭 C、D 區未安裝陽極塊區域，腐蝕速率高於其他浮箱，

惟均小於規範設計允許值，由於浮箱陰極防蝕陽極塊裝置時間均尚未達設計年限，建議後續仍應實施定期檢測，九宮港浮動碼頭 C、D 區則應新增安裝，以確保浮箱使用安全或降低其鋼材之腐蝕速率。表 4 為摘錄於九宮浮動碼頭浮箱鋼板厚度檢測之部份結果。

表 4 九宮港區浮動碼頭浮箱鋼板厚度檢測結果(摘錄)。

Table 4 Results of Cho-kon port floating docks floating box steel thickness (Excerpt).

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	平均厚度 (mm)	減少厚度 (mm)	腐蝕速率 (mm/yr.)
1	上	12.00	11.37	0.63	0.11
	中	12.00	11.57	0.43	0.07
	下	12.00	11.47	0.53	0.09
2	上	12.00	11.53	0.47	0.08
	中	12.00	11.57	0.43	0.07
	下	12.00	11.47	0.53	0.09
3	上	12.00	11.57	0.43	0.07
	中	12.00	11.60	0.40	0.07
	下	12.00	11.63	0.37	0.06
4	上	12.00	11.57	0.43	0.07
	中	12.00	11.60	0.40	0.07
	下	12.00	11.57	0.43	0.07
5	上	12.00	11.53	0.47	0.08
	中	12.00	11.57	0.43	0.07
	下	12.00	11.40	0.60	0.10
6	上	12.00	11.47	0.53	0.09
	中	12.00	11.50	0.50	0.08
	下	12.00	11.37	0.63	0.11

3.5 基樁鋼板保護電位與陽極塊發生電位檢測

水頭與九宮各浮動碼頭基樁保護電位與陽極塊發生電位量測結果顯示，水頭與九宮之大小金浮動碼頭 C、D 區基樁，因未安裝陰極防蝕系統，調查時其保護電位介於 $-650 \sim -615$ mV (vs. SCE) 之間，大於 -780 mV，未能達到保護基樁鋼材免於腐蝕之目的外，其餘已安裝陰極防蝕系統部份(不含五緣躉船)，保護電位介於 $-955 \sim -854$ mV 之間，均小於 -780 mV，既有防蝕措施已達保護基樁鋼材之目的。

九宮港浮動碼頭 C、D 基樁部分，雖基樁在 $EL \pm 0.00$ m 以下，採用 Coal-tar Epoxy 塗裝作為防蝕保護，但為防蝕效能長久考量，建議比照其他碼頭基樁安裝鋁合金犧牲陽極塊之防蝕措施，減少鋼材持續腐蝕速率。基樁陽極塊發生電位介於 $-973 \sim -897$ mV 之間，可達基樁鋼材防蝕之目的。表 5 與表 6 分別為九宮浮動碼頭基樁保護電位與陽極塊發生電位量測結果。

表 5 九宮浮動碼頭基樁保護電位量測結果。

Table 5 Results of Cho-kon port floating-box dock pile protection potential measure.

編號	水深(m)			編號	水深(m)		
	-0.5	-1.0	-2.0		-0.5	-1.0	-2.0
A1	-936	-937	-943	B1	-854	-871	-905
A2	-937	-941	-949	B2	-862	-882	-910
A3	-940	-947	-954	B3	-870	-881	-899
A4	-948	-950	-955	B4	-868	-880	-886
A5	-931	-937	-949	B5	-869	-882	-904
A6	-916	-930	-946	B6	-876	-882	-901
A7	-928	-940	-952	B7	-879	-882	-892
A8	-945	-949	-952	---	---	---	---
C1	-615	-631	-619	D1	-630	-631	-630
C2	-618	-621	-619	D2	-629	-630	-628
C3	-616	-617	-617	D3	-627	-627	-629
C4	-617	-616	-616	D4	-618	-626	-625
C5	-616	-617	-650	D5	-631	-640	-630
---	---	---	---	D6	-628	-626	-630

表 6 九宮浮動碼頭基樁陽極塊發生電位量測結果。

Table 6 Results of Cho-kon port floating-box dock steel pile anode potential measure.

編號	位置			編號	位置		
	上	中	下		上	中	下
A1 右	-954	-961	-964	A1 左	-955	-964	-967
A2 右	-955	-957	-955	A2 左	-959	-962	-960
A3 右	-952	-953	-955	A3 左	-958	-963	-973
A4 右	-964	-968	-965	A4 左	-966	-973	-969
A5 右	-962	-967	-960	A5 左	-957	-961	-967
A6 右	-955	-962	-954	A6 左	-955	-956	-961
A7 右	-963	-968	-964	A7 左	-956	-964	-968
A8 右	-960	-965	-963	A8 左	-960	-963	-965
B1 右	-914	-923	-929	B1 左	-909	-919	-898
B2 左	-917	-906	-900	B2 左	-917	-920	-926
B3 右	-904	-910	-907	B3 左	-910	-901	-897
B4 右	---	---	---	B4 左	-899	-902	-897
B5 右	-910	-926	-931	B5 左	-908	-907	-911
B6 右	-901	-902	-904	B6 左	-914	-920	-905
B7 右	-900	-911	-910	B7 左	-901	-908	-900
C 區	未安裝						
D 區	未安裝						

3.6 浮箱鋼板保護電位與陽極塊發生電位檢測

水頭與九宮各浮動碼頭浮箱保護電位與陽極塊發生電位量測結果顯示，除九宮港浮動碼頭 A、B 區浮箱保護電位介於 $-761 \sim -628 \text{ mV}$ (vs. SCE) 之間，高於 -780 mV (vs. SCE)，其陽極塊發

生電位介於 $-761 \sim -628 \text{ mV}$ (vs. SCE) 之間，均未達到浮箱鋼材防蝕之目的，其餘水頭港區之浮動碼頭浮箱鋼板保護電位則均小於 -780 mV ，可達到保護扶箱鋼材防蝕目的。表 7 為九宮浮動碼頭浮箱鋼板保護電位與陽極塊發生電位量測結果。建議其應新增安裝鋁合金犧牲陽極塊之防蝕措施，避免鋼材持續腐蝕。

表 7 九宮浮動碼頭浮箱鋼板保護電位與陽極塊發生電位量測結果。

Table 7 Results of Cho-kon port floating-box dock grocery steel protection potential and anode voltage measure.

鋼板編號	檢測位置			陽極塊編號	海生物清除前	海生物清除後
	上	中	下			
A	-718	-628	-653	#1	-653	-709
B	-699	-698	-696	#2	-709	-780
C	-761	-699	-694	#3	-709	-751
D	-739	-733	-732	#4	-739	-810
E	-720	-722	-725	#5	-761	-854
F	-649	-662	-673	#6	-666	-675
G	-718	-721	-715	#7	-709	-809
H	-714	-713	-709	#8	-718	-809
I	-728	-729	-725	#9	-722	-898
J	-704	-703	-701	#10	-715	-753



鋼板檢測位置
陽極檢測位置

檢測位置示意

4. 結論與建議

4.1 結論

1. 陸上目視調查，基樁潮間帶部位及浮箱位於水線上下附近之鋼材表面，部份塗裝剝落鏽蝕現象，基樁與浮箱固定器滾軸接觸處表面，發現防蝕塗裝磨損，面漆銹蝕現象。
2. 浮箱、鋼管樁、鏈條、聯絡橋等鋼材之防蝕披覆與塗膜損壞面積率達 0.3%以上未達 10%，無立即危險性顧慮。
3. 水下目視調查時，基樁與浮箱鋼材表面亦無腐蝕嚴重致穿孔破洞之情形。
4. 各基樁鋼板平均腐蝕速率均小於規範設計允許值(0.20 mm/yr.)，腐蝕減少厚度小於 1.0 mm，潮間帶之塗裝與水中帶之陰極防蝕均已達到防蝕目的。
5. 基樁與浮箱鋼板保護電位，調查時除九宮港九宮港浮動碼頭 C、D 區不足外，其餘均小於 -780mV (vs. SCE)，處於防蝕保護狀態。陽極塊發生電位除九宮港九宮港浮動碼頭 A、B 區稍有不足外，其餘均小於 -780mV (vs. SCE)，可達發揮保護鋼材之目的。

4.2 建議

1. 浮動碼頭基樁與浮箱既有塗裝磨損剝落部份，雖無立即危險性顧慮，為避免磨損剝落持續擴大，建議應選用耐磨耐蝕塗料維修改善之。
2. 浮動碼頭基樁與浮箱平均腐蝕速率雖小於規

範設計允許值，惟金門港區屬嚴重腐蝕之海洋環境，建議應制定維護管理制度，定期辦理檢測及維護作業。

3. 九宮港浮動碼頭部份基樁與浮箱保護電位，調查時因未採防蝕措施或陽極塊發生電位未達到保護鋼材之目的，建議水下部份應重新或新增安裝陰極防蝕陽極塊。

參考文獻

- [1] 陳桂清、柯正龍、張嘉峰、簡臣佑，“港灣構造物安全檢查評估之研究(4/4)”，交通部運輸研究所研究報告 MOTC-IOT-103-H1DB006b，2015。
- [2] 陳桂清、柯正龍、張嘉峰、簡臣佑，“金門港區港灣構造物維護管理系統建置與安全評估之研究”，交通部運輸研究所研究報告 MOTC-IOT-103-H1EB008，2015。
- [3] 加藤繪萬等，“碼頭生命週期維護管理系統建置的研究”，日本港灣空港技術研究所研究報告 Vol.48, No.2，2009。
- [4] 高橋 宏直等，“港灣設施之維持管理計畫策定之基本考量”，日本國土交通省國土技術綜合研究所國總研資料第376號，2007。
- [5] 陳桂清、柯正龍、羅俊雄，“港灣構造物陰極防蝕準則(草案)-鋼構造物篇”，交通部運輸研究所研究報告 MOTC-IOT-92-H1BB02-2，2003。