

亞鉛 陽極에 의한 塗裝鋼板과 裸鋼板의 防蝕 研究

文慶萬* · 金鍾信** · 金鎮京***

A Study on the Protection of the Bare and Painted Steel Plates

K. M. Moon · J. S. Kim · J. G. Kim

Abstract

Galvanic protection method is one the cathodic protection methods and is mostly used for corrosion prevention of heat exchangers and ship's hull. In this paper, it was investigated that how cathodic potential distribution was varied with according to the bare and painted steel plates in case of galvanic anode protection.

The results obtained above were as follows.

1. Cathodic potential distribution of a painted steel plate was smoothed than that of the bare steel plate all over the cathodic surface area.
2. It was shown that polarization potential of the bare steel plate was somewhat shifted to negative potential, on the contrary that of the painted steel plate was somewhat shifted from negative potential to positive potential as time gone by beginning of galvanic anode method.
3. The applied current density in order to maintain constant protection potential(- 770mv, SCE) in the painted steel plate was less than that of the bare steel plate because of the high resistance polarization of the painted steel plate.
4. It was suggested that required number and life - time of anode for galvanic anode protection could be decided easily with corrosion prevention coefficient obtained by experimental data.

Key words : Galvanic protection(유전양극방식), Cathodic protection(음극방식), Polarization potential(분극전위), Negative potential(음극전위), Positive potential(양극전위)

1. 序 論

最近 船舶의 大型化 추세에 발 맞추어 船舶의

輕量化가 이루어 지고 있다. 船舶을 輕量化하기 위해서는 鋼板의 두께를 얇게 해야 하는데 이 경우에는 船舶의 安全性 및 經濟的인 側面에서 船體

* 正會員, 韓國海洋大學校
** 正會員, 韓國船級協會
*** 正會員, 韓國海技研修院

外販의 防蝕이 중요한 問題로 대두된다. 따라서 最近의 大型 船舶들은 船體의 徹底한 防蝕을 위하여 塗裝防蝕法에 陰極防蝕法인^{1) 13)} 外部電源法이나 流電陽極法이 併用되고 있다. 外部電源法은 交流電流를 整流器로서 直流로 交換시켜서 防蝕電流를 供給하는 方式이고 流電陽極法은 異種金屬間의 電位差를 利用해서 防蝕電流를 供給하는 方式이다. 따라서 이들의 두 方法은 각기 다른 長·短點이 있으므로 方式하고자 하는 構造物의 周圍 環境에 따라 經濟性을 考慮해서 適當한 方法을 채택하고 있다.

流電陽極法에서는 流電陽極의 材質,^{14) 20)} 크기, 그리고 防蝕에 필요한 流電陽極의 數量^{21) 22)} 등에 대한 研究 結果가 많이 있으며, 또한 流電陽極의 發生 電流를 구하기 위한 接水抵抗의 算式도 많이 發表되어 있다.^{23) 25)} 그러나 이들의 接水抵抗式은 單純한 實驗式이기 때문에 모든 腐蝕 環境에 正確하게 適用될 수 없다고 指摘하고 있다.²⁶⁾ 또한 流電陽極의 크기에 따른 發生 電流의 變化 및 陽極의 壽命 등을 考慮한 必要한 陽極 個數 등을 求하는 포괄적인 方法은 없는 實情에 있다.

따라서 이러한 點에 着眼하여 前報²⁷⁾에서는 裸鋼板에 대해서 陰極方式 할 경우의 鋼板 防蝕에 대한 基本的인 異論을 定立하고 實驗에 의해서 亞鉛版의 面積 變化에 따른 鋼板의 分極電位 變化와 電流 變化, 被防蝕面積 變化 등을 考察하였다. 그리고 一定 크기의 亞鉛版으로 防蝕할 경우 必要한 亞鉛版의 個數, 壽命 등에 대하여서도 새로운 實驗式의 誘導 및 그 結果에 대하여 考察한 바 있다.

本 研究에서는 船體의 外販은 塗裝鋼板임을 注視하여 塗裝鋼板에 대해서 前報와 같은 方法으로 實驗하여 裸鋼板의 경우와 比較, 檢討하여 보았다. 따라서 本 研究는 裸鋼板과 塗裝鋼板의 防蝕에 따른 流電陽極의 소요個數, 壽命, 分極特性 등을 理解하는데 도움을 줄 뿐 아니라 現場에서의 實際 適用에도 그 活用度가 높을 것으로 思料된다.

2. 實驗方法

2. 1. 實驗 材料로 使用된 陽極, 陰極

本 實驗에서 被防蝕體 즉 陰極으로 使用된 鋼板

Table 1. Chemical Compositions (Wt %)

Steel Plate	C	Si	Mn	P	S	-	-
(SM 41)	0.21	0.34	0.7	0.03	0.04	-	-

Anode	Al	Cd	Fe	Si	Pb	Cu	Zn
(Zn)	0.4	0.024	0.004	0.123	0.004	0.003	99.734

Table 2. Specification of the experimental apparatus and specimen.

	W(cm)	L(cm)	H(cm)	T(cm)	Remark
Water Tank	200	110	60	-	Steel plate
Steel Plate	182	91	-	0.3	(16562cm ²)

Anode(Zn)	f(cm)	h(cm)	Surface area(cm ²)
S ₁	2.95	2	25.357
S ₂	2	2	16.328
S ₃	2	2	8.8
S ₄	2	2.1	3.14
S ₅	2	2	2.05
S ₆	2	2	1.52

은 海洋에서 주로 使用되는 SM41鋼이며 流電陽極 즉 희생陽極用의 亞鉛은 韓國東信亞鉛工業社에서 만들고 있는 防蝕用 亞鉛을 實驗 材料로 採하였으 며 각각의 成分은 Table 1에서 보여주고 있다. 그리고 陰極用으로 使用된 SM41鋼은 Table 2에서 알 수 있듯이 海水(沿岸天然海水)에 노출된 表面積은 1656cm²이다. 그리고 이들의 表面은 船體 外販과 같이 塗裝하였다. 즉 表面을 샌드브라시로 녹을 完全히 제거한 다음 샌드페이퍼 No. 100에서 No. 1000번까지 순번대로 研磨한 다음 아세톤으로 脫脂하였다. 그리고 에폭시 塗料를 3회 칠하였다. 流電陽極으로 使用된 亞鉛은 높이를 2cm로 거의 一定하게 하였고 直徑을 變化시켜 S₁, S₂의 대표적 形態로 만든 다음, 에폭시 塗料를 칠하여 表面積의 크기를 6종류로 變化시켰다. 이들의 表面積은 Table 2에서 보여주고 있으며 亞鉛의 경우에도 鋼板에 接하는 亞鉛 表面은 에폭시 塗料로 絶緣시켰다.

2. 2. 分極電位 測定 裝置 및 測定 方法

本 實驗에 使用된 實驗用 海水 탱크의 規格 및 測定 裝置를 Fig. 1 및 Table 2에서 보여주고 있다.

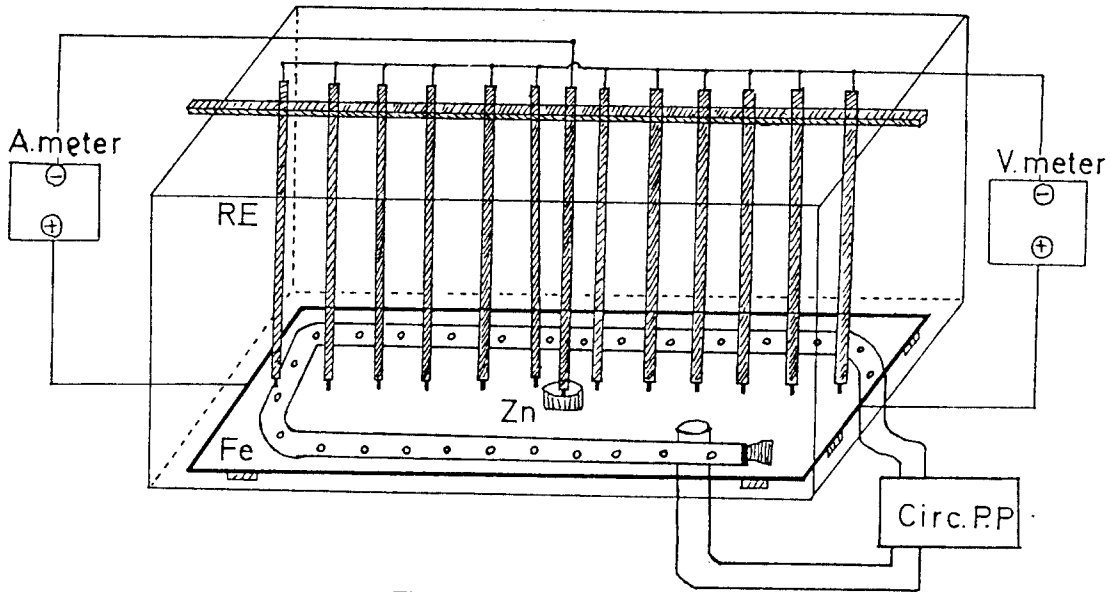


Fig. 1 Experimental apparatus.

實驗用 海水 탱크는 두께 2cm의 木材板을 利用하여 製作하였고, 水壓에 견디기 위하여 補助 角木을 가로, 세로, 높이에 각각 附着하였다. 그리고 海水의 漏水를 막기 위하여 탱크 容量에 맞는 防水用 비닐포대를 만들어 木材로 만든 탱크에 집어 넣었다. 한편 海水를 一定 速度로 流動시키기 위하여 순환수 펌프(110v/90w)에 直徑 3cm 길이 6cm의 플라스틱 파이프를 連結하여 Fig. 1과 같이 탱크 底面에 配置하였다. 그리고 15cm 間隔으로 直徑 0.5cm의 구멍을 뚫어 순환수 펌프가 起動하여 直徑 0.5cm의 구멍으로 海水가 뿜어 나오도록 했으며, 吐出用 파이프의 出口에는 나무로 만든 탭으로 密閉시켰다. 分極電位는 디지털 멀티미터(Model NC - 920, 20M)으로 測定하였고 分極

曲線은 動電位 포텐티오 스타트로 測定하였다. 基準電極은 포화카로멜 電極을 Fig. 1과 같이 裝着하여 測定하였다. 그리고 亞鉛版과 鋼板의 接觸面積에는 防蝕電流를 먼 곳까지 흐르도록 하기 위해 絶緣 고무를 亞鉛版의 밑 부분에 一定크기로 만들어 깔았다. 또한 亞鉛版과 鋼板을 電線으로 連結하기 위하여 亞鉛版의 中心部에 直徑 0.2cm 길이 1cm의 구멍을 뚫어 銅線을 插入시켰다. 그런데 實際의 現場에서는 鋼板에 亞鉛版을 設置할 경우 볼트로 固定시키므로 本 實驗에서도 亞鉛版에 볼트 구멍을 만들고 鋼板에 鎔接하여 現場에서와 같은 設置 方法을 試圖하였다. 이렇게 함으로써 銅線을 亞鉛版에 插入시킨 경우와 實際의 現場에서와 같은 方法으로 亞鉛版을 볼트로 固定시킨 경

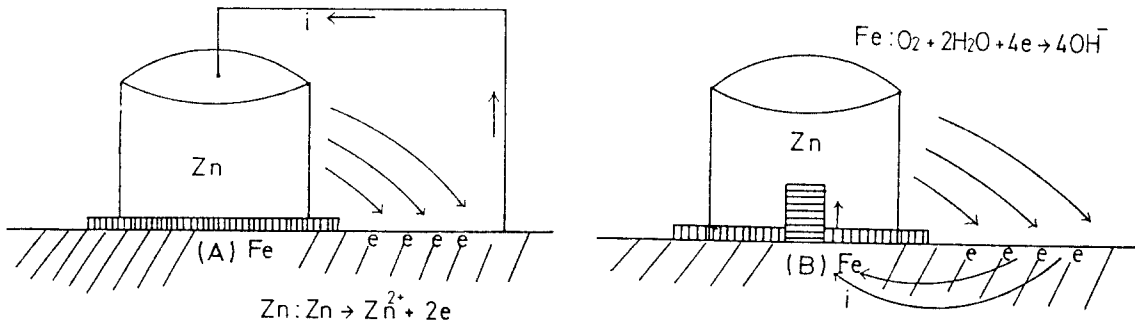


Fig. 2 Attaching method of between steel plate and Zn anode

우 接水抵抗의 差에 의한 分極電位分布의 差에 대한 有無를 比較할 수 있었다. Fig. 2의 (A)는 銅線을 亞鉛版에 插入시켜서 鋼板과 連結한 경우이며 (B)는 亞鉛版을 鋼板의 볼트에 의해서 固着시킨 경우를 보여주고 있다. 上記한 두 方法에 의해서 實驗한 結果, 陰極 鋼板의 分極電位分布는 똑같은 分布를 나타내었다. 따라서 本 實驗에서는 亞鉛版의 面積 變化에 따른 實驗은 Fig. 2의 (A)와 같은 方法으로 하였다. 한편 陰極 鋼板을 海水 탱크에 浸漬한 후에는 自然電位가 -535mv(SCE)될 때까지 安定시킨 後 實驗을 시작하였다. 流電陽極用으로 使用한 亞鉛은 表面을 아세톤으로 脫脂한 後 海水 탱크에 浸漬하여 鋼板과 電線으로 連結하였다. 分極電位 測定은 亞鉛과 鋼板을 連結한 直後 約 5分 後를 0時間으로 잡고, 1時間 間격으로 測定하였다. 實驗의 結果, 20時間이 지난 後부터는 亞鉛版과 鋼板의 分極電位 및 電流 變化는 安定된 값을 維持하였다.

3. 陰極防蝕法에 대한 理論的 考察

陰極防蝕法에는 外部電源法과 流電陽極法이 있다. 外部電源法은 Fig. 3의 (A)와 같이 溶存酸素의 酸化還元反應에 의한 平衡電位 E_a 와 陰極의 鋼板에서 形成된 自然電位 E_c 와의 電位差 $\Delta E (\Delta E = E_a - E_c)$ 가 開路電位差로 나타난다. 이때에 外部

에서 電源을 印加했을 경우에는 陰極에는 溶存酸素의 還元反應이 일어나 陰分極(η_c)이 일어나고 동시에 防蝕되고 陽極에서는 酸素의 發生反應이 일어나 陽分極이 形成되어 閉路 電位差 $\Delta E' (\Delta E' = E_a' - E_c')$ 가 되어 印加電壓은 增加된다. 流電陽極法의 경우는 上記한 바와 같이 外部電源法과는 달리 外部로부터 印加電壓에 의하여 防蝕電流가 흐르는 것이 아니고 陽極과 陰極의 電位差에 의한 Galvanic Cell의 陽極酸化反應과 함께 防蝕電流가 陽極으로부터 陰極으로 흐르게 된다. 따라서 陽極과 陰極 즉, 亞鉛版과 鋼板을 電線으로 連結할 경우 初期에는 Fig. 3의 (B)와 같이 陽極電位(E_a)와 陰極電位(E_c)의 電位差 즉 $\Delta E (\Delta E = E_a - E_c)$ 의 開路電位差에 의해서 陽極에서는 亞鉛의 酸化反應과 함께 亞鉛이 腐蝕되고 陰極의 鋼板 表面에서는 溶存酸素의 還元反應이 일어나 防蝕되게 된다. 그리고 電流가 점차로 많이 흐르게 되면 陽極과 陰極은 각각 分極되어 陽極電位는 E_a 에서 $E_a' (E_a' = E_a - \eta_a')$ 로 陰極電位는 E_c 에서 $E_c' (E_c' = E_c - \eta_c)$ 로 변하므로 閉路電位差는 $\Delta E' (\Delta E' = E_c' - E_a')$ 가 된다. 그러므로 이때 흐르는 電流($I = \Delta E'/R$)값은 初期에 비하여 훨씬 적게 흐르게 된다. 그리고 陽極으로부터 멀리 떨어져 있는 鋼板 表面은 가까운 거리에 있는 鋼板 表面에 到達하는 電流密度보다 적으므로 分極值(η_c)는 陽極으로부터의 거리에 따라 달라지게 된다. 그런데 보통 亞鉛陽極의 發生電流

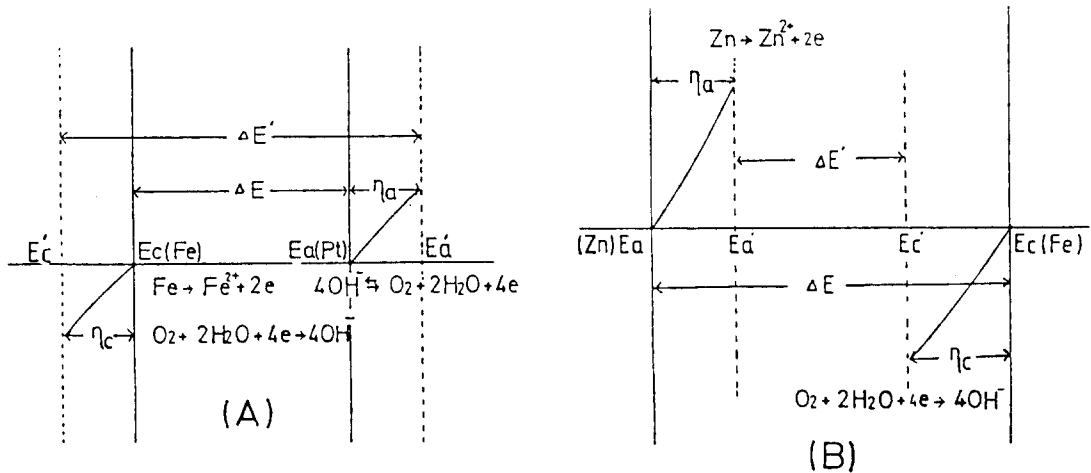


Fig. 3 Theoretical diagrams of the impressed current method (A) and galvanic anode method (B)

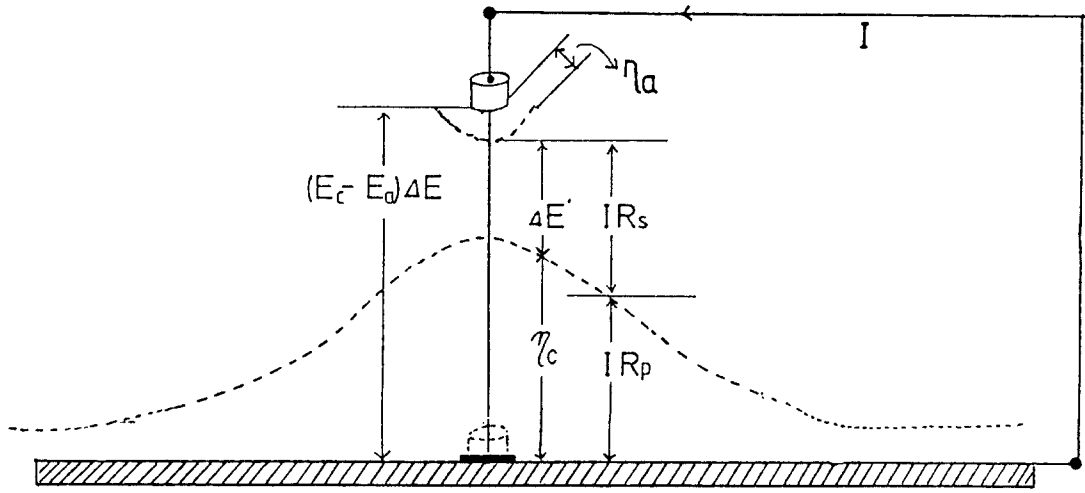


Fig. 4 Schematic diagram of galvanic anode method

를 求할 時 鋼板과 亞鉛의 有效電位差 $\Delta E'$ 의 값을 0.2V²⁸⁾로 假定하는 수가 많다. 그리고 鋼板을 防蝕할 時 防蝕電位 E_c' 값은 一般적으로 -770mV (SCE)^{29, 34)}로 생각하는 경우가 많은데 前述한 바와 같이 全陰極表面이 均等하게 -770mV(SCE)로 分極되는 것이 아니고 Fig. 4에서의 點線과 같이 陰極의 電位分布가 陽極의 直下點으로부터 거리의 變化에 따라 다르게 나타난다. 이 경우 흐르는 電流密度 電位差 및 抵抗 關係를 Fig. 5와 같이 等價 回路로 나타낼 수 있다. Fig. 5에서 알 수 있듯이 回路를 통해 흐르는 全電流(I)는

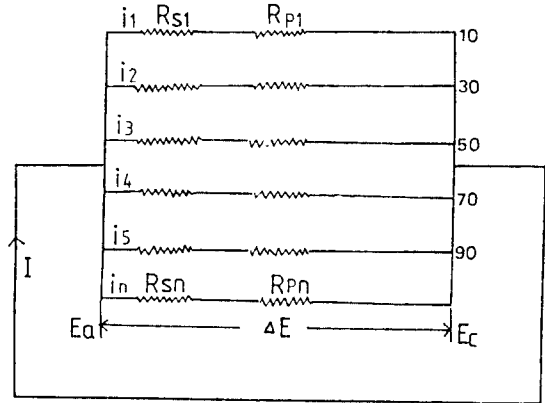


Fig. 5 Equivalent circuit of galvanic anode method

$$I = \sum_{n=1}^{16562} i_n (i_1 + i_2 + i_3 + \dots + i_{16562}) \quad (1)$$

鋼板面積 : 16562cm²

로 나타낼 수 있다.

즉 鋼板의 單位 表面積(cm²)에 到達하는 電流密度의 數는 16562개가 되며 이들을 합한 電流가 全電流(I)가 된다. 그리고 이때의 全抵抗(R)은

$$R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}} \quad (2)$$

로 나타낼 수 있으며 또한 Fig. 4, Fig. 5에서 $\Delta E = i_1 R_{s1} + i_1 R_{p1} + i_1 \eta_{a1} = i_n R_{sn} + i_n R_{pn} + i_n \eta_{an}$ 로 나타낼 수 있다. 그리고 電流密度의 거리에 따른 比는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$i_1 (R_{s1} + R_{p1} + \eta_{a1}) = i_n (R_{sn} + R_{pn} + \eta_{an}) = \Delta E$$

$$\frac{i_n}{i_1} = \frac{R_{s1} + R_{p1} + \eta_{a1}}{R_{sn} + R_{pn} + \eta_{an}} \quad (3)$$

(3)式에 의하면 $\eta_{a1} = \dots = \eta_{an} = \eta_a$ 로 간주할 수 있으므로 分極抵抗(R_p)이 적을 경우 거리에 따른 溶液抵抗(R_s)의 比가 커짐에 따라 電流密度의 比(i_n/i_1)도 커짐을 알 수 있다. 그리고 分極抵抗(R_p)이 溶液抵抗(R_s)에 比하여 훨씬 큰 경우 電流密度의 比(i_n/i_1)는 적어짐을 알 수 있다. 그러나 $i_1, i_2 \dots i_n$ 과 $R_{s1}, R_{s2} \dots R_{sn}$ 와 $R_{p1}, R_{p2} \dots R_{pn}$ 은 實驗的으로 直接 求할 수 없고 또 이들이 通電 時間에 따라서 變하기 때문에 다음 4와 같이 陰極의 電位分布($R_{p1}, R_{p2} \dots R_{pn}$)를 實驗的으로 구하는 수 밖에 없다.

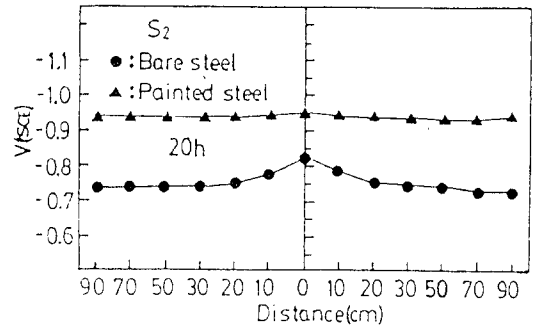
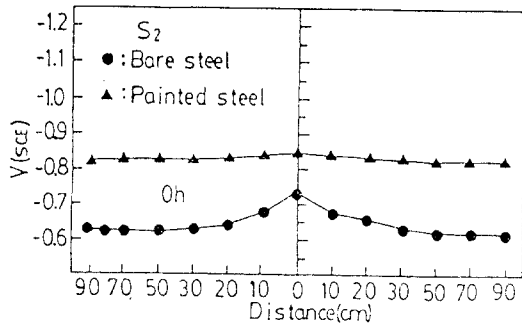


Fig. 6 Potential variations on bare and painted steel in case of Galvanic anode method.

4. 實驗結果 및 考察

Fig. 6은 亞鉛陽極(S₂)으로 陰極防蝕시켰을 경우 裸鋼板과 塗裝鋼板의 分極電位 分布를 0時間과 20時間에 대해서 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 0時間의 경우 裸鋼板에 있어서 陽極 直下點(X=0cm)의 分極電位와 가장자리 지점(X=90cm)의 分極電位의 差는 塗裝鋼板의 分極電位差보다 훨씬 컸음을 알 수 있다. 다시 말해서 裸鋼板의 分極電位 分布의 기울기가 塗裝鋼板에 비해서 20時間 지난 後의 경우에도 역시 같은 電位 分布 形態를 보여주고 있으며 양쪽 모두 0時間에 비해서 20時間 경과후가 陽極 直下點과 가장자리 지점의 電位差가 적어짐을 알 수 있었다. 예를 들면 0時間에서 裸鋼板의 分極電位差가 100mv, 塗裝鋼板이 15mv임에 비추어 20時間경과 後에는 裸鋼板의 分極電位差가 80mv, 塗裝鋼板이 11mv였다. 이처럼 塗裝鋼板의 경우가 裸鋼板에 비해서 分極電位差가 적은 것은 前述한 (3)式에서 알 수 있듯이 塗裝鋼板은 裸鋼板에 비해서 塗裝에 의한 抵抗 分極이 增加하여 이 값이 溶液抵抗에 비하여 훨씬 큰 값을 가지므로 電流密度가 거리에 따라 큰 差異를 나타내지 않는다. 따라서 塗裝鋼板의 電位 分布의 기울기는 裸鋼板에 비하여 훨씬 완만함을 보여준다고 생각되어 진다. Table 3은 亞鉛 陽極의 면적이 S₁과 S₂일 때 陽極 直下點(X=0cm)과 가장자리 지점(X=90cm)의 電位 値와 이들의 分極電位差를 나타내고 있으며 Fig. 7은 이들의 값을 그

Table 3. Relations between max. and min. potential (X=0cm, X=90cm) of bare steel and of painted steel.

	Bare steel		Painted steel		
	S ₂	S ₁	S ₁	S ₂	
X=0cm	-740	-770	-852	-798	0h
X=90cm	-640	-645	-837	-768	
E ₀ - E ₉₀	-100	-125	-15	-30	
X=0cm	-820	-862	-952	-947	20h
X=90cm	-742	-751	-943	-936	
E ₀ - E ₉₀	-78	-111	-9	-11	

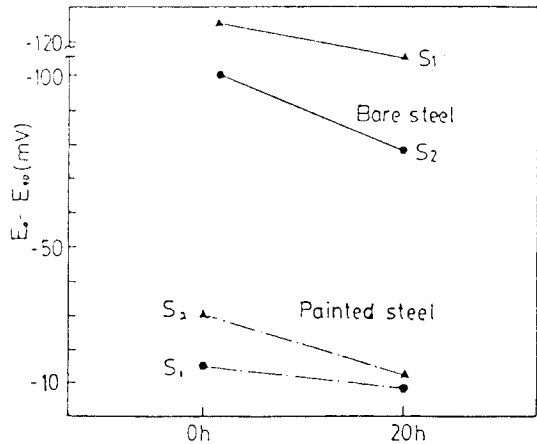


Fig. 7 Relation between potential difference(X=0cm, 90cm) of bare steel and of painted steel.

림으로 나타내고 있다.

Table 3 및 Fig. 7에서 알 수 있듯이 亞鉛 陽極의 面積이 클 수록(S₂보다 S₁이 큼) 陰極 鋼板의 電位는 卑方向으로 다같이 移行하는 傾向을 보이고 있

다. 그런데 分極電位差($E_0 - E_{90}$)는 침지初期(0h)에 裸鋼板의 경우가 塗裝鋼板에 비해서 훨씬 큰 값을 가짐을 알 수 있다. 그리고 裸鋼板은 亞鉛 陽極이 S_1 일 경우가 S_2 보다 分極電位差가 크며 塗裝鋼板에서는 S_1 과 S_2 의 分極電位差가 비슷한 값을 나타내고 있으나 裸鋼板은 이보다 큰 값을 가지고 있음을 알 수 있다. Fig. 6의 說明에서도 언급했듯이 塗裝鋼板의 分極電位 分布의 기울기가 완만한 理由는 塗裝에 의한 抵抗分極의 增加로 거리에 따른 電流密度의 값이 큰 差를 보이지 않는 데 있다고 했다. 따라서 Table 3 및 Fig. 7의 結果도 Fig. 6과 같이 說明할 수 있으리라 思料된다. 단지 裸鋼板과는 逆으로 塗裝鋼板은 亞鉛 陽極의 面積이 S_2 보다 더 넓은 S_1 의 경우가 오히려 分極電位 分布의 差가 적어지는 特異한 現狀에 대해서는 亞鉛 陽極이 S_1 과 같이 큰 面積일 경우 陰極 鋼板 全面積이 充分한 防蝕 領域의 卑電位가 되어 결국 均一電流密度分布力³⁵⁾(Throwing power)에 基因하는 것으로 된다.

Fig. 8은 陰極의 鋼板을 亞鉛 陽極으로 方式할 경우 陽極 直下點($X=0\text{cm}$)의 時間의 經過에 따른 電位 變化를 裸鋼板과 塗裝鋼板에 대해서 비교하여 나타냈다. 裸鋼板의 경우는 時間의 經過에 따라서 電位 變化는 貴電位에서 卑電位로 移行하고 있음에 反하여 塗裝鋼板의 경우는 陰極防蝕을 시작한 후 約 5時間까지는 電位가 卑電位로 移行하였으나 5時間이 지난 후 부터는 점차 다시 貴電位

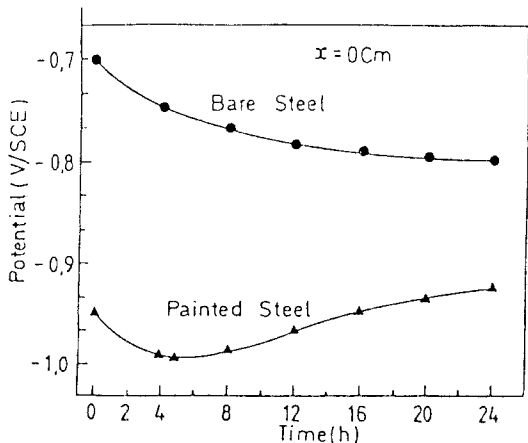


Fig. 8 Potential variations($X=0\text{cm}$) of the bare and painted steel plates as a function of exposed

로 移行하는 傾向을 보였으며 時間의 흐름에 따라 變化의 程度는 적었고 결국 一定值를 유지하였다. 塗裝鋼板의 경우 陽極 즉 亞鉛板의 面積의 크기에 관계없이 上記와 똑 같은 電位 變化의 形態를 나타내었다. 裸鋼板의 表面은 防蝕을 시작한 직후에는 抵抗分極의 影響은 적으나 時間의 經過에 따라서 海水中에 녹아있는 칼슘, 마그네슘 등의 固形成分이 鋼板 表面에 附着하여 抵抗分極을 增大시켜 電位는 貴電位에서 卑電位로 移行한다고 思料된다. 그러나 塗裝鋼板은 通電 初期부터 塗裝膜에 의한 抵抗分極이 크므로 裸鋼板에 비하여 卑電位를 나타내다가 時間의 經過에 따라서 亞鉛板에서 溶出되는 電流의 減少는 鋼板 表面의 抵抗 過電壓의 減少를 가져와 電位는 점점 貴電位로 移行하게 된다고 思料된다. 結局 裸鋼板과 塗裝鋼板의 電位 變化에 미치는 主要 因子는 抵抗分極이며 이 影響은 塗裝鋼板의 경우가 훨씬 크다는 事實을 미루어 생각 할 수 있다고 思料된다. 그리고 塗裝鋼板과 裸鋼板의 電位 變化에 미치는 因子가 어떠한 分極에 의해서 支配되는지 좀더 確實히 알 수 있게 하기 위해 이들 두 鋼板의 陰極分極曲線을 求하여 보았다.

Fig. 9는 裸鋼板과 塗裝鋼板의 陰極分極曲線을 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 裸鋼板은 初期에는 溶存酸素의 還元反應에 따른 活性化 分極이 일어나다가 곧 濃度分極이 支配하는 曲線을 나타내며 約 -1125mv(SCE) 以下에서는 水素發

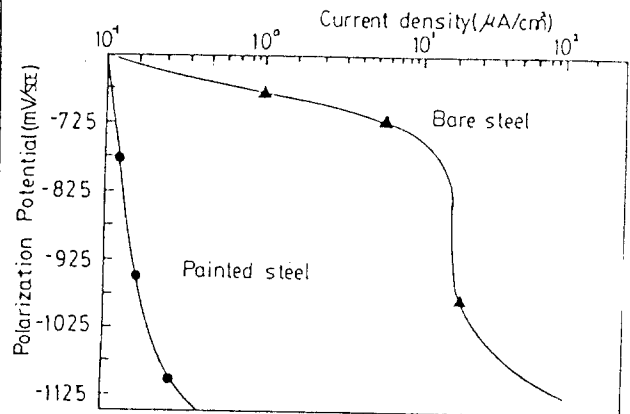


Fig. 9 Cathodic polarization curves of the bare and painted steel plates.

生領域으로 들어감을 알 수 있다. 그런데 塗裝鋼板의 경우에는 初期부터 溶存酸素의 還元反應에 따른 活性化分極도 포함되었으나 分極曲線의 形態로 보다 抵抗分極의 影響이 初期부터 심한 影響을 미치고 있음을 알 수 있었다.

Fig. 10은 -585mv의 一定 電位를 유지하기 위한 供給 電流密度의 變化를 보여주고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 塗裝鋼板에는 供給 電流開始初期에는 오히려 마이너스 電流가 흐른다(陽極으로 作用)가 時間의 경과와 함께 플러스 電流와 마이너스 電流가 서로 반복되다가 約 14時間 후 부터는 플러스 電流가 꾸준히 흐른다(陰極으로 作用)는 것을 알 수 있다. 裸鋼板은 供給 電流開始初期부터 마이너스 電流가 흐르기 시작하여 通電 初期에서 6時間까지 마이너스 電流가 급격히 上昇하는 傾向을 보였으며 그 以後부터는 一定한 값을 나타내고 있다. 이처럼 一定한 分極電位(-585mv/SCE)에서 裸鋼板과 塗裝鋼板은 供給 電流의 方向이 각각 플러스 電流와 마이너스 電流를 나타내고 있는 것은 이들의 鋼板은 初期의 自然腐蝕電位가 각각 틀림을 알 수 있다.

Fig. 11은 이들의 關係를 說明하기 위한 內部分

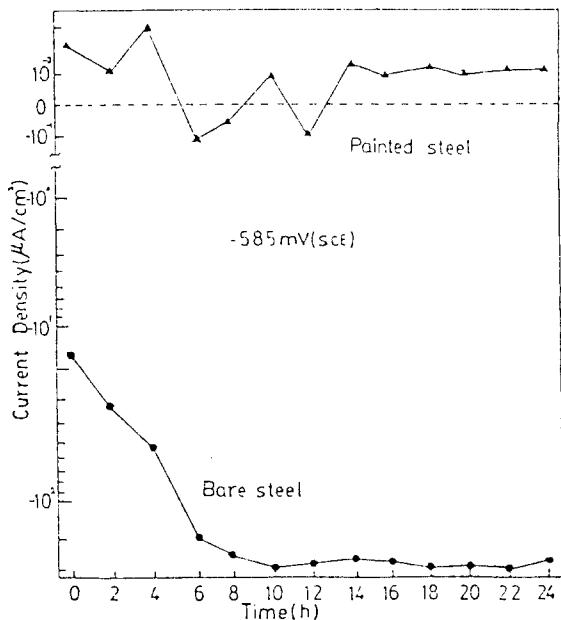


Fig. 10 Variations on of applied current density on the constant potential(-585mv/SCE)

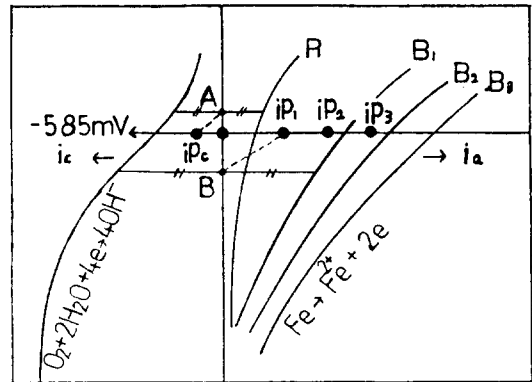


Fig. 11 Schematic diagrams of internal polarization curves for interpretation of relation between applied current density and constant potential (-585mv/SCE)

極曲線 豫想圖이다. Fig. 10에서 塗裝鋼板이 플러스 電流를 나타내었으므로 Fig. 11의 -585mv (SCE)보다 自然腐蝕電位는 貫한 위치 즉 A점의 위치에 있다고 할 수 있을 것이다. 그러므로 自然電位 A점에서 陰極分極시킨電位가 -585mv (SCE)이므로 供給 電流 $i_{pc} = i_c - i_a$ 에서 i_c (陰極電流)는 i_a (陽極電流)보다 크므로 i_{pc} 는 플러스 값을 가진다고 할 수 있다. 그러나 裸鋼板은 初期부터 供給 電流가 마이너스 값을 가지고 있었으므로 Fig. 11에서 -585mv(SCE)는 結果적으로 自然腐蝕電位에서 陽極分極시킨 分極電位 값이므로 이때의 供給 電流 $i_{pc} = i_c - i_a$ 에서 i_c 보다 i_a 가 오히려 큰 값을 가지므로 i_{pc} 는 마이너스 값을 가지게 됨을 알 수 있다. 그리고 Fig. 11에서 裸鋼板의 경우 時間의 경과에 따른 마이너스의 電流의 增加는 Fig. 11의 內部分極曲線 즉, 陽極分極曲線이 B1에서 B2 B3로 移行하고 동시에 供給 電流의 마이너스 값도 i_{p1} 에서 i_{p2}, i_{p3} 로 점차 增加됨을 미루어 생각할 수 있다. 結局 裸鋼板은 -585mv(SCE)에서는 完全히 腐蝕領域에 있음을 알 수 있으며 塗裝鋼板은 -585mv(SCE)에서 어느 정도 腐蝕을 抑制할 수 있거나, 아니면 경우에 따라서 完全 防蝕이 達成된다는 것을 알 수 있다.

Fig. 12에서는 一般적으로 防蝕電位라고 알려진 -770mv(SCE)에서 裸鋼板과 塗裝鋼板의 경우 一定 電位를 維持하기 위한 供給 電流密度의 값을 나타내고 있다. 裸鋼板은 16時間 後부터 約 10μ

A/Cm² 電流密度를 나타내고 있음에 비추어 塗裝鋼板은 約 0.2μ A/Cm²를 약간 상회하는 電流密度 값을 나타내고 있다. 이러한 供給 電流密度의 큰 차는 塗裝鋼板이 裸鋼板에 비해서 防蝕電流가 그만큼 적게 든다는 事實을 알 수 있을 것이다. 그리고 -770mv(SCE)에서 완전히 防蝕된다면 $i_{pc} = i_c - i_a$ 에서 $i_a = 0$ 이므로 $i_{pc} = i_c$ 가 된다. 따라서 -770mv(SCE)에서의 供給 電流密度는 裸鋼板과 塗裝鋼板 모두 $i_{pc} = i_c$ 의 關係가 成立한다고 할 수 있을 것이다. 단지 같은 $i_{pc} = i_c$ 의 等式이 成立함에도 불구하고 塗裝鋼板이 裸鋼板에 비해서 적은 電流密度 값을 가지는 것은 前述한 바와 같이 塗裝에 의한 抵抗分極의 값이 裸鋼板보다 훨씬 크다는 事實에 基因하는 것으로 思料된다.

前報²⁷⁾에서는 流電陽極의 表面積의 크기를 變化시키면서 一定 表面積의 鋼板을 陰極防蝕 시켰을 경우 陽極電流, 陽極電流密度 및 이 때의 防蝕 表面積 등을 中心으로 防蝕係數(α : Corrosion Prevention Coefficient)와 양극수명(Y_h : Anode Lifetime)를 求하였다. 이들의 關係를 간단히 要

約하면 다음과 같다. 즉, 一定 面積의 鋼板을 陰極 防蝕할 경우 陽極面積(S_{zn})과 防蝕된 陰極面積(S_{Fe})의 比 $\alpha = S_{Fe}/S_{zn}$ 을 구하였다. 그리고 陽極은 壽命(Y_h)은

$$Y_h = \frac{Q \cdot W \cdot K}{I}$$

- Q : 流電陽極의 消耗率(A · h/kg)
- W : 流電陽極의 重量(kg)
- I : 流電陽極의 平均發生電流
- K : 流電陽極의 防蝕에 사용할 수 있는 實際의 重量을 求하는 係數 즉, 利用係數

로 나타내었다.

Fig. 13은 裸鋼板과 塗裝鋼板의 경우 亞鉛 陽極 面積의 變化에 따른 防蝕 可能 面積을 求하고 동시에 防蝕係數(α)를 求하여 亞鉛 陽極 面積과의 關係를 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 裸鋼板에서 最適防蝕係數(α 값이 가장 큰 경우를 말함)가 338.1임에 비해서 塗裝鋼板은 무려 5274.5

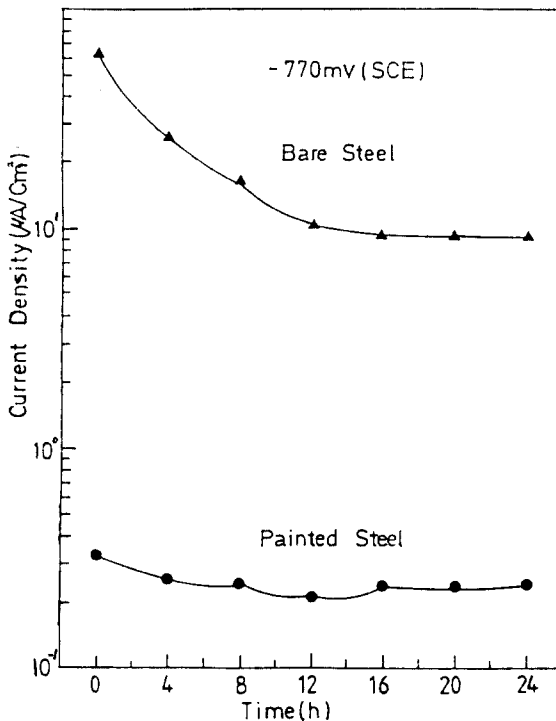


Fig. 12 Variations of applied current density with constant potential (-770mv/SCE).

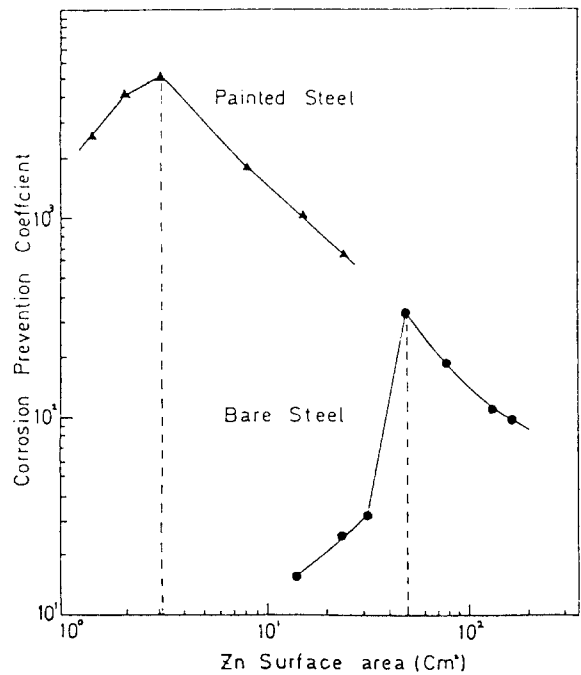


Fig. 13 Relations between corrosion prevention coefficient and Zn surface area on the bare and painted steel plates

의 큰 값을 가지고 있음을 알 수 있다. 結局 塗裝鋼板은 裸鋼板에 比해서 一定 鋼板을 防蝕할 때 소요 陽極 개수는 裸鋼板의 15분의1로 줄일 수 있으며 逆으로 같은 크기의 亞鉛版이면 裸鋼板 面積의 15 배를 防蝕시킬 수 있음을 알 수 있다. 예를 들면 裸鋼板의 경우 亞鉛 陽極 面積이 48.984cm²일 때 16562cm²의 陰極 鋼板을 完全 防蝕할 수 있으며 塗裝鋼板은 불과 3.14cm²의 面積으로 上記한 同一 鋼板의 面積을 防蝕시킬 수 있다고 思料되어진다.

Fig. 14는 陽極의 壽命과 防蝕係數와의 關係를 裸鋼板과 塗裝鋼板에 대해서 나타내었다. 여기에서 特異한 事實은 裸鋼板에서는 陽極의 使命이 0.5年 일 때 防蝕係數(α)의 값은 最高值를 나타내었으나 塗裝鋼板의 경우는 陽極의 壽命이 0.38年 일 때 最高值의 防蝕係數값을 나타내었다. 그리고 어느 경우나 防蝕係數가 最高值를 나타낸 後의 값은 감소하고 있으며 最高值의 왼쪽에 있는 즉 0.5年(裸鋼板)과 0.38年(塗裝鋼板)보다 적은 陽極의 壽命은 完全 防蝕이 되지 않는 防蝕係數의 값이므로

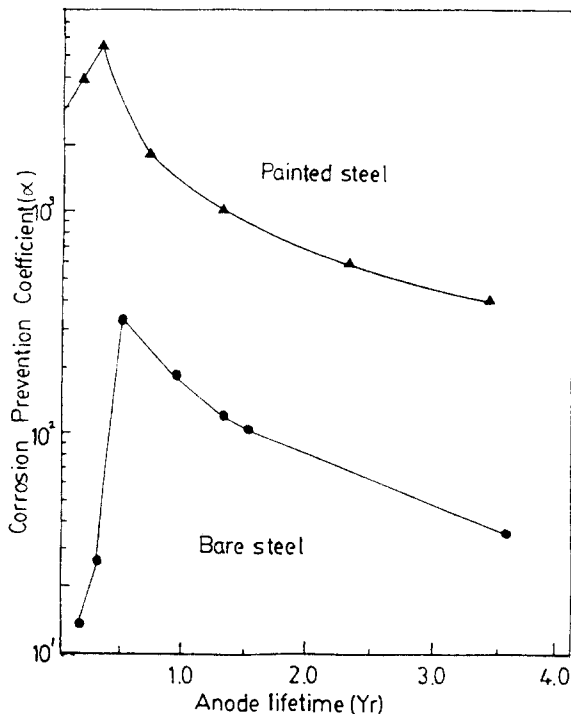


Fig. 14 Relation between corrosion prevention coefficient and anode life - time on the bare and painted steel plates

意味가 없고, 最高值의 오른쪽 領域이 完全防蝕이 되는 경우의 防蝕係數와 壽命 關係를 나타내고 있으므로 오른쪽 領域을 利用해서 요구하는 壽命에 대한 防蝕係數와 壽命 關係를 구할 수 있다고 思料된다. 그리고 前述한 塗裝鋼板의 경우가 裸鋼板에 比해서 防蝕係數 最高值에 해당되는 壽命이 적은 것은 塗裝鋼板은 裸鋼板에 比해서 거리에 따른 電流密度의 差가 적으므로 塗裝鋼板 全面積이 均等한 電位分布를 나타낸다. 따라서 裸鋼板에 比해서 防蝕 可能 面積이 커지는 것은 事實이나 被防蝕 面積과 陽極의 面積比가 裸鋼板에 比해서 훨씬 크므로 單位 面積當의 陽極 電流密度는 裸鋼板보다 커지는 傾向이 있어 陽極의 壽命은 裸鋼板에 比해서 다소 줄어든다고 思料된다. 그리고 Fig. 14에서 알 수 있듯이 陽極의 壽命을 길게 하면 防蝕係數는 적어지며 防蝕係數가 적으면 結果的으로 必要한 陽極의 개수는 增加됨을 알 수 있다.

5. 결 론

지금까지 亞鉛 陽極의 面積을 變化시키면서 塗裝鋼板에 대해서 陰極防蝕시킨 結果와 前報에서 求한 裸鋼板의 研究 結果를 比較 檢討해서 다음과 같은 結論을 얻을 수 있었다.

1. 塗裝鋼板은 裸鋼板에 比해서 抵抗分極이 크므로 거리에 따른 電流密度의 差가 적어서 陰極鋼板의 分極電位 分布가 全面積에 걸쳐서 裸鋼板에 比해서 均等하였다.

2. 裸鋼板은 陰極防蝕을 시작한 후 時間의 경과에 따라서 陰極鋼板의 分極電位는 卑方向으로 移行하는 傾向을 보였으나 塗裝鋼板은 時間의 경과에 따라서 卑電位에서 貴方向으로 다소 移行하는 傾向을 보였다.

3. -585mv(SCE)의 分極位置를 維持할 때 裸鋼板은 正電荷를 流出(陽極으로 作用) 하므로 腐蝕 領域에 있으나 塗裝鋼板은 防蝕 領域에 있다. 그리고 防蝕電位(-770mv(SCE))를 유지하기 위한 供給 電流密度는 塗裝鋼板의 경우가 裸鋼板에 比해서 抵抗分極의 影響으로 훨씬 적은 값을 갖는다.

4. 同一 面積의 아연판으로 鋼板을 防蝕할 경우 裸鋼板의 15배 面積의 塗裝鋼板을 防蝕시킬 수 있

었다.

5. 必要的 陽極 壽命이 決定되면 그에 따른 防蝕 係數를 求할 수 있고 동시에 必要的 陽極의 갯수를 求할 수 있다. 그리고 陽極의 壽命을 길게 하면 必要的 陽極의 개수는 상대적으로 增加된다.

사 례

이 논문은 한국과학재단 연구비(과제번호 : 901 - 0605 - 012 - 2)지원에 의해서 이루어 졌음을 밝히고 귀 재단에 감사를 드리는 바입니다.

參考文獻

- 1) K. G COMPTON : Corrosion, Vol. 12, 553(1956)
- 2) K. G COMPTON : Corrosion, Vol. 17, 93(1956)
- 3) J. D TALAT. et al : Corrosion, vol. 40, 88(1984)
- 4) T. E. LIN. et al : Corrosion, vol. 40, 88(1984)
- 5) PERO. GRATLAND. et al : Corrosion, Vol. 40, 40, 127(1984)
- 6) ROY JOHNSEN. et al : Corrosion, Vol. 41, 296 (1984)
- 7) K. NISANCIGIVY. et al : Corrosion, Vol. 436, 710(1987)
- 8) N. G. THAMPSON. et al : Corrosion, Vol. 44, 581(1988)
- 9) R. V. LEE. et al : Corrosion, Vol. 44. 887(1988)
- 10) 重野, 清原, 倉成 : 防蝕技術, Vol. 9, No. 1, 4(1957)
- 11) L. J. WALDRON and M. H PETERSON : Corrosion, vol. 14, 2895(1958)
- 12) 中川雅央 : 電氣防蝕의 實察, 地人書館, 東京(1967)
- 13) 文慶萬, 興戶正純, 田大熙, 沖猛雄 : 防蝕技術, Vol. 34, No. 7, 400(1985)
- 14) 三浦周敏, 村井東助 : 防蝕技術, Vol. 18, No. 6, 261 (1967)
- 15) 田大熙 : 韓國腐蝕學會誌 2, 3, 101(1973)
- 16) 田大熙 : 韓國腐蝕學會誌 7, 1, 25(1978)
- 17) 田大熙 : 韓國腐蝕學會誌 3,(1973)
- 18) 金垣寧, 金基後, 金英大 : 韓國腐蝕學會誌 9, 3, 33 (1985)
- 19) 日本學術振興會, 金屬防蝕便覽 p. 588
- 20) 伊藤田 : 金屬の防蝕技術と表面處理, p. 321 地人書館
- 21) 瀬尾正雄 : 船舶の電氣防蝕, 改訂版と船舶技術協會(1963)
- 22) 福谷英二 : 防蝕技術, Vol. 9, No. 10, 446(1962)
- 23) 中川雄英 : 電氣防蝕의 實際, 地人書館 p. 34(1967)
- 24) 花田政明, 豐部政義 : 防蝕技術, Vol. 8, No. 6, 245 (1957)
- 25) 花田政明, 豐部政義 : 防蝕技術, Vol. 8, No. 6, 249 (1957)
- 26) 前掲書(24)p.36
- 27) 文慶萬, 金種信, 金鎮京 : 韓國腐蝕學會誌 21, 2, 83 (1992)
- 28) 前掲書(24)p.36
- 29) 齋藤明未, 重野準太, 慇谷年男 : 腐蝕技術, Vol. 19 No. 7.303(1968)
- 30) 福谷英二 : 防蝕技術, Vol. 19, 157(1957)
- 31) 花田政明 : 防蝕技術, Vol. 19 160(1959)
- 32) 重野準太 : 防蝕技術, Vol. 19 No. 14,157(1957)
- 33) 福谷英二 : 防蝕技術, Vol. 19 No. 4,157(1959)
- 34) 花田政明 : 防蝕技術, Vol. 19 No. 4,161(1959)
- 35) 中川雄英 : 電氣化學, 共立出版株式會社. p. 127 (1981)