

# 分極抵抗에 의한 海水中の 炭素鋼과 스테인 레스鋼의 最適陰極防蝕電位에 관한 研究

李 明 勳

A Study on the Optimum Cathodic Protection Potentials  
of Carbon Steels and Stainless Steels in Sea Water  
by their Polarization Resistances

*Myung - hoon Lee*

1945

〈 目 次 〉

Abstract

1. 序 論
2. 最適陰極防蝕電位の 決定理論
3. 定電位 分極曲線の 測定條件
4. 測定結果와 考察
5. 結 論
6. 參考文獻

A Study on the Optimum Cathodic Protection Potentials of Carbon Steels and Stainless Steels in Sea Water by their Polarization Resistances

Myeong-Hoon, Lee

*Department of Marine Engineering, Graduate School  
Korea Maritime University*

Abstract

The optimum cathodic protection potentials of carbon steels and stainless steels in natural static seawater are discussed by their polarization resistances. The main results obtained are as follows;

1. The theoretical optimum cathodic protection potential of a metal is the potential on the potentiostatic polarization curve which corresponds to the infimal polarization current in the range of constant Tafel slope, and corresponds to the minimal polarization current in the case that Tafel slope is varies with polarization current.

The optimum cathodic protection potentials of carbon steels and stainless steels which are decided by the above theory coincided well with the experiential cathodic protection potentials in practice of those steels, and also coincided well with the equilibrium potential of Fe corroding reaction.

2. The method based on experience that "the practical cathodic protection potential is the potential which corresponds to 1.0~1.3 times of the break point current on the potentiostatic polarization curve expressed in  $E-\log i$ " is reasonable theoretically and is applicable to carbon steels.

But the experiential method that "the criterion of cathodic protection potential is the potential which is polarized to -300mV from the corrosion potential" is unapplicable to carbon steels and stainless steels in seawater.

1. 序 論

海洋構造物이나 地下埋設物, 船舶 등의 鐵鋼構造物은 그 數와 規模의 面에서 急增

하고 있으므로 腐蝕環境에서의 鐵鋼의 適正한 防蝕對策은 그 施設費를 節減하고 長壽命을 保障한다는 面에서 대단히 重要視하게 되었다. 이러한 大型鐵鋼構造物의 長期防蝕에는 例外없이 陰極防蝕法이 利用되고 있으며, 이 防蝕法은 가장 效果의이고 가장 經濟的이라고 定評되고 있다.<sup>1)2)</sup>

鐵鋼은 強力하고 값싼 材料이고 全金屬 材料의 大部分을 占有하고 있으므로 그 陰極防蝕의 基準電位나 實用防蝕電位도 銅合金이나 알루미늄合金에 比해서 많이 研究되어 있다.<sup>3)4)</sup> 그러나 그들도 아직 經驗的인 方法에 머물고 있다.

鐵鋼의 防蝕基準電位<sup>5)6)</sup>는 많은 사람의 實驗室 研究와 實地經驗을 통해서 天然水中, 地中 및 酸性液中에서  $-770\text{mV}$ (以下 모든 電位는 SCE로 表示)이고, 嫌氣性的 黃酸鹽還元菌이 繁殖하는 곳에서는  $-870\text{mV}$ 이며, 一般的으로는 腐蝕電位( $E_{\text{cor}}$ )에서  $300\text{mV}$ 程度로 陰分極시킨 電位이다. 또 스테인레스鋼의 防蝕電位는 普通鋼과 같고, 亞鉛鍍金鋼에 대해서는  $-1,000\text{mV}$ 가 勸獎되고 있다. 그러나 實際防蝕에 있어서는 實用防蝕電位로서  $-850 \sim -950\text{mV}$ 의 範圍로 維持하는 것이 一般的이다(亞鉛鍍金鋼 除外).

鐵鋼의 實用防蝕電位の 經驗的인 決定法에는 電位-對數電流( $E-\log i$ )의 定電位分極曲線에서 그 折點電流에 1.0~1.3倍한 電流에서의 電位로 잡는 方法이 있다.

本 研究는 陰極防蝕의 最適防蝕電位를 그 分極抵抗으로 부터 求하는 理論的인 方法을 開發하고, 이 方法을 天然靜海水中的 炭素鋼과 스테인레스鋼에 適用해서 이들의 最適防蝕電位를 求하고, 이미 發表된 經驗的인 防蝕基準電位나 實用防蝕電位와 比較하는 한편 從來의 經驗的인 防蝕電位決定法이 理論的으로도 妥當한가의 如否를 檢討하였다.

## 2. 最適陰極防蝕電位の 決定理論

金屬面上的 陰極反應은 溶存酸素의 還元과 물의 陰極還元に 의한 水素發生反應이고 陽極反應은 金屬의 溶解反應으로 看做되므로, 即



(1)과 (3)式的 反應은 放電律速이고 (2)式的 反應은 擴散限界電流型으로 看做하면 이들 反應의 逆反應은 無視될 수 있기 때문에 이들 (1)~(3)式的 各部分 電流는

$$i_a = i_{\text{cor}} \exp \left\{ \alpha_M z F (E - E_{\text{cor}}) / RT \right\} \quad (4)$$

$$-i_o = -i_{\text{lim}} = n_o F D_o C_o^s / \delta \quad (5)$$

$$-i_H = -i_{H, \text{cor}} \exp[-(1-\alpha_H)n_H F(E - E_{\text{cor}})/RT] \quad (6)$$

위 식에서  $i_{\text{cor}}$  과  $i_{H, \text{cor}}$  은

$$i_{\text{cor}} = i_M^0 \exp[\alpha_M z F(E_{\text{cor}} - E_M^0)/RT] \quad (7)$$

$$i_{H, \text{cor}} = i_H^0 \exp[-(1-\alpha_H)n_H F(E_{\text{cor}} - E_H^0)/RT] \quad (8)$$

위 (4)~(8)식에서  $E_M^0$  와  $E_H^0$ 는 (1)과 (3)식의 平衡電位,  $i_M^0$  와  $i_H^0$ 는 그 交換電流密度,  $\alpha_M$  와  $\alpha_H$ 는 通過係數,  $z, n_O$  와  $n_H$ 는 反應電子數,  $E_{\text{cor}}$ 은 腐蝕電位,  $i_{\text{cor}}$  과  $i_{H, \text{cor}}$ 은  $E_{\text{cor}}$ 에서의 陽極腐蝕電流와 水素發生電流,  $D_O, C^0$  및  $\delta$ 는 各各 酸素擴散係數, 酸素 濃度 및 擴散層의 두께이다.

外部에서 分極시킬 때 測定되는 電流  $i_{\text{ex}}$ 는

$$i_{\text{ex}} = i_a - i_o - i_H \quad (9)$$

$E = E_{\text{cor}}$ 에서는  $i_{\text{ex}} = 0$  이므로

$$i_{\text{cor}} = i_a = i_o + i_H \quad (10)$$

電位  $E$ 에 電位變動  $\Delta \eta$ 를 加할 때 變動電流를  $\Delta i$ 라고 하면 (4), (5), (6) 및 (9)식에서

$$\begin{aligned} i_{\text{ex}} + \Delta i &= i_{\text{cor}} \exp\left[\frac{\alpha_M z F}{RT} (E - E_{\text{cor}} + \Delta \eta)\right] - i_{H, \text{cor}} \exp\left[\frac{-(1-\alpha_H)n_H F}{RT} (E - E_{\text{cor}} + \Delta \eta)\right] \\ &= i_a \exp\left[\frac{\alpha_M z F \Delta \eta}{RT}\right] - i_{H, \text{cor}} \exp\left[\frac{-(1-\alpha_H)n_H F \Delta \eta}{RT}\right] \end{aligned} \quad (11)$$

(11)식의 指數項을 展開하면 2次 以上の 값이 微小하므로 無視하면,

$$\Delta i = \alpha_M z F i_a \Delta \eta / RT + (1-\alpha_H)n_H F i_H \Delta \eta / RT \quad (12)$$

分極抵抗  $R_p, R_a$  및  $R_H$ 는 모두 陽數值라야 하므로

$$|1/R_p| = |\Delta i / \Delta \eta| = |1/R_a| + |1/R_H| \quad (13)$$

但,

$$|R_a| = \left| \frac{RT}{\alpha_M z F} \times \frac{1}{i_a} \right| \quad (14-a)$$

$$|R_H| = \left| \frac{RT}{(1-\alpha_H)n_H F} \times \frac{1}{i_H} \right| \quad (14-b)$$

그러므로 이 腐蝕電池의 分極抵抗  $R_p$ 는 (1)과 (3)식 反應의 分極抵抗의 並列合으로 表示된다는 것을 알 수 있다.

(4)~(14)式에 一般既知值를 代入해서 分極曲線을 그리면 Fig. 1(a)와 같이 된다. 여기에서 細曲線은 部分分極電流  $i_a$ ,  $i_n$  및  $i_{im}$ 을 表示하고 太曲線은 外部分極電流  $i_{ex}$ , 鎖線은 分極抵抗  $R_p$ 의 變化를 表示한다.

Stern과 Geary<sup>9</sup>는 腐蝕電位에서 分極抵抗의 逆數가 腐蝕速度에 比例한다고 하였으나 이것을 全分極電位領域에 擴大適用\*하면  $E-R_p$ 曲線은 各 分極電位에서의 腐蝕速度의 大小를 表示한다. 따라서 分極抵抗  $R_p$ 가 最大로 되는 電位에서 腐蝕速度가 最小로 되므로 이 電位가 最適防蝕電位이고 이 電位領域이 最適防蝕電位區間 이라 할 것을 알 수 있다.

또 金屬의 溶解反應의 部分分極曲線에 Fig. 1(b)의 曲線과 같이 不動態化部分이 나타나면 外部分極曲線에도 그에 따라서 變形이 생기고 分極抵抗曲線에도 2개의 極大點이 나타난다. 이 경우에 高電位側의 極大點이 不動態域이고 低電位側의 極大點이 安定態域이라고 생각된다.

分極抵抗  $R_p$ 의 極大(無限大)點은 어떤 電位에서 나타나는가를 살펴보면, Tafel式  $\eta = B \log(i/i_{cor})$ 를  $i$ 로 微分하여  $R_p$ 를 求하면,

$B = C$  (一定)의 경우는

$$|R_p| = |d\eta/di| = |B/i| \quad (15)$$

$B = f(i)$ 의 경우는

$$|R_p| = |d\eta/di| = |B/i| + \log(i/i_{cor}) \times |dB/di| \quad (16)$$

(15), (16)式的  $\eta$ 는  $E_{cor}$ 에서  $E$ 까지의 分極值이고  $B$ 는 Tafel 斜配이다.

그러므로 分極抵抗  $|R_p|$ 가 極大(無限大)로 되는 電位는  $|B|$ 가 一定한 경우에 (15)式에 의해서 그것이 成立하는 電位範圍에서  $i$ 가 最小인 電位이고, 이것을 Case A라 한다. 또  $|B|$ 가  $i$ 에 따라 變하는 경우는  $|B|$ 가 無限大일때  $|dB/di|$ 도 無限大이고,  $B$ 의 無限大는  $i$ 가 極小이거나 極大인 電位에서 생기므로 (16)式에서  $|R_p|$ 의 極大(無限大)點은  $i$ 의 極小點과 極大點에서 생긴다. 이 경우에 前者를 Case b, 後者를 Case C라 한다.

따라서 어떤 金屬의 定電位分極曲線에서 分極抵抗의 極大(無限大)點이 Case A, B, C와 같이 3點으로 나타나면 그 金屬의 適正防蝕電位가 세곳에 있으나 最適防蝕電位는 그 各電位에서의 腐蝕速度와 所要防蝕電力 등에 따라 決定될 것이다. 그러나 Case C는 分極電流가 極大로 되는 電位域에 있는데, 實測結果에 의하면 Case B와 重疊된 變曲點域에 있거나, 그 領域이 대단히 좁아서 問題로 되지 않거나 혹은 어떤

\*擴大適用의 可否는 考察項에 서술.

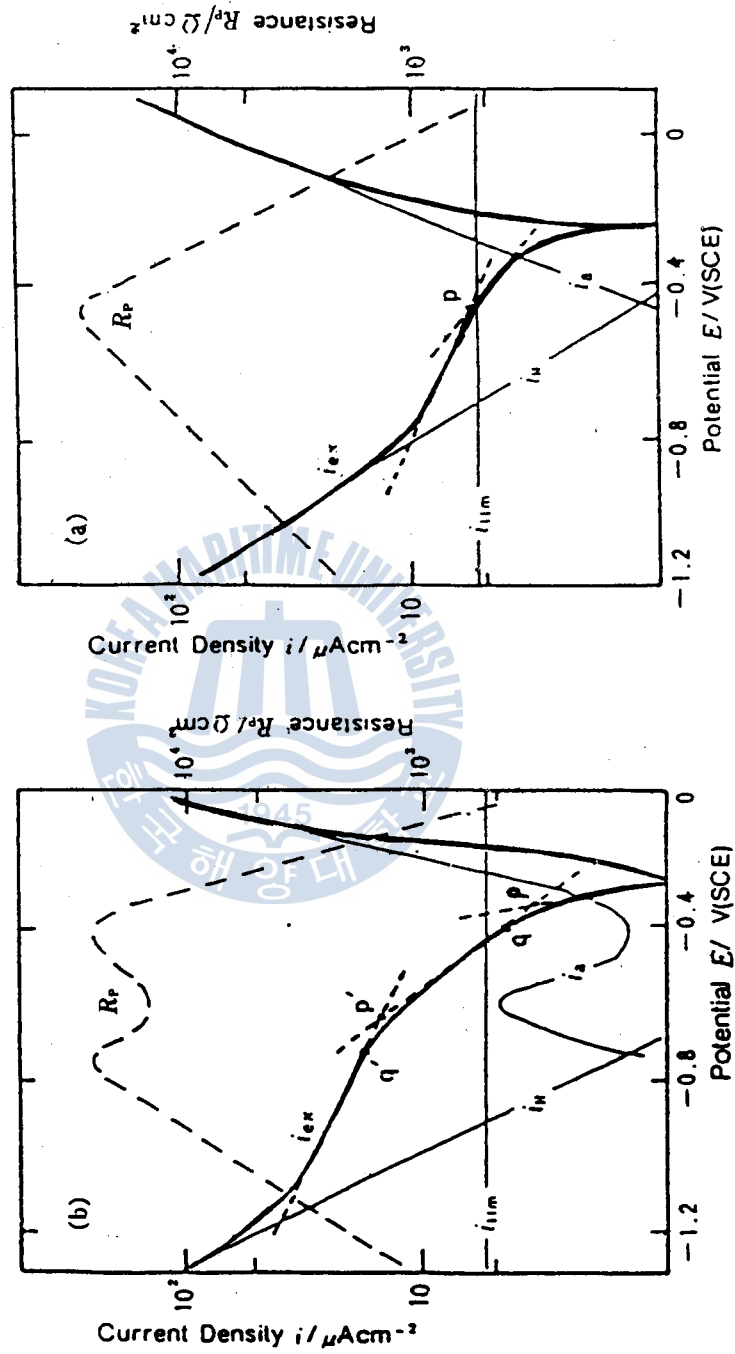


Fig. 1 Potentiostatic Polarization Curves and Polarization Resistance Curves Calculated for Metals

合金成分이 活性態에 있기 때문에 選択腐蝕이 일어나는 電位域으로 생각된다.

그러므로 以上の 理論을 要約하면 다음과 같다. 어떤 金屬의 理論的인 最適陰極防蝕電位는 그 定電位 分極曲線에서 Tafel 勾配가 一定한 경우는 그것이 成立하는 電位域에서 分極電流가 最小로 되는 電位이고, Tafel 勾配가 分極電流에 따라 變하는 경우는 그 電流가 極小로 되는 電位에 있다. 또 이와같은 電位가 두곳 以上에서 나타날 경우는 그 各 電位에서의 防蝕率과 所要防蝕電力 등에 따라 決定된다.

### 3. 定電位 分極曲線의 測定條件

鐵鋼의 試料로는 Table 1 과 같이 4 種의 炭素鋼材와 2 種의 스테인레스鋼材를 選擇하였고, 測定環境은 天然靜海水(試驗溫度: 25~28°C, 水温 25°C에서  $\rho$ : 24.5 $\Omega$ -cm, pH: 7.6) 中이다.

이 試驗片은 測定端子를 붙인 後에 試驗面으로 1.0cm<sup>2</sup>만 남기고 에폭시樹脂로 絶緣被覆하였으며, 試驗片과 測定端子間의 接續抵抗이 0.2 $\Omega$  以下로 되는것 만을 擇하였다. 그리고 試驗面을 砂布 #1,000 까지로 研磨하고 아세톤으로 脫脂하였다. 또 이들의 試驗片을 各各 2 個씩 準備하였다가 炭素鋼種은 24時間, 스테인레스鋼種은 72時間 海水中에 浸漬해서 充分히 安定시켜서 腐蝕電位( $E_{cor}$ )를 測定하고, 各各의 試驗片으로 定電位の 陰分極曲線과 陽分極曲線을 走査速度 100mV/min 로 測定하였다. 이

Table 1. Chemical Compositions of Steels Specimens

No.	Kinds of Steels	C %	Si %	Mn %	P %	S %	Ni %	Cr %	Mo %	JIS No.
1	Rolled Steel for Welded Structure (SM 41)	<0.18	<0.35	<1.40	<0.04	<0.04	-	-	-	G 3106
2	" (SM 50)	<0.18	<0.55	<1.50	<0.04	<0.04	-	-	-	"
3	Carbon Steel for Machine Structure Use (S 40 C)	0.37 ~0.43	0.15 ~0.35	0.60 ~0.90	<0.03	<0.035	-	-	-	G 4051
4	Carbon Steel for Pressure Vessels for LT Service (SLA 37)	<0.18	0.15 ~0.55	0.8 ~1.6	<0.035	<0.035	-	-	-	G 3126
5	Austenite Stainless Steel (SUS 304)	<0.08	<1.00	<2.00	<0.04	<0.03	8.0 ~10.5	18.0 ~20.0	-	G 4304 (5)
6	" (SUS 316)	<0.08	<1.00	<2.00	<0.04	<0.03	10.0 ~14.0	16.0 ~18.0	2.0 ~3.0	"

와같은 測定을 同一條件에서 五回以上씩 反復하고 그중에서 代表的인 分極曲線을 選定하였다.

腐蝕電位는 陰陽極의 試驗片의 差가 10mV 以內에 있을 때 平均値에 가까운 端數 0 혹은 5의 電位로 잡았다.

#### 4. 測定結果 와 考察

Fig. 2와 Fig. 3의 ①~④는 SM41鋼, SM50鋼, S40C鋼 및 SLA 37鋼에 대한 實測 定電位分極曲線과 이들에게서 求한 分極抵抗曲線이다. 이들의 炭素鋼은 그 分極抵抗曲線에 極大點이 한 개 밖에 없으며, 이것은 電位-對數電流의 分極曲線에서 Tafel勾配가 一定한 電位範圍의 最小電流의 電位附近에서 생기므로 이 極大點은 Case A의 경우이다.

試料鋼의 安定된 腐蝕電位( $E_{cor}$ )는 天然靜海水中에서 Table 2와 같이 各各 위 順序대로 -750, -730, -740 및 -750mV이고, Tafel 外插法으로 求해지는 이들 鋼의 近似的 腐蝕速度  $i_{cor}$ 는 各各 56, 24, 15 및  $18\mu A/cm^2$ 이다.

또 이들 鋼은 分極抵抗이 極大로 되는 電位가 한 개 밖에 없으므로 그 電位가 最適防蝕電位이며 그 값은 各各 -830, -820, -815 및 -820mV이고 그 最適防蝕區間은 各各 -815~-875, -780~-875, -775~-865 및 -795~-875mV로 判斷된다.

既發表된 鐵鋼의 防蝕基準電位는 前述한 바와 같이 많은 研究者에 의해서 -770mV이므로 實用防蝕電位는 이 電位以下로 하고 있으며, 많이 實用되고 있는 實際防蝕電位는 -850~-950mV이다. 이 實用防蝕電位는 分極抵抗曲線에서 求한 Table 2의 本 最適防蝕電位區間과 잘 一致하므로 現在 實用하고 있는 實際防蝕電位는 理論的으로도 妥當하다는 것을 알 수 있다.

Table 2. Optimum Cathodic Protection Potentials and their Potential Ranges of Carbon Steels in Natural Static Seawater

No.	Kinds of Steels	$E_{cor}$ mV(SCE)	$i_{cor}$ $\mu A/cm^2$	Optimum $E$ mV(SCE)	Optimum $E$ Range mV(SCE)
1	SM41	-750	56	-830	-815~-875
2	SM50	-730	24	-820	-780~-875
3	S40C	-740	15	-815	-775~-865
4	SLA 37	-750	18	-820	-795~-875



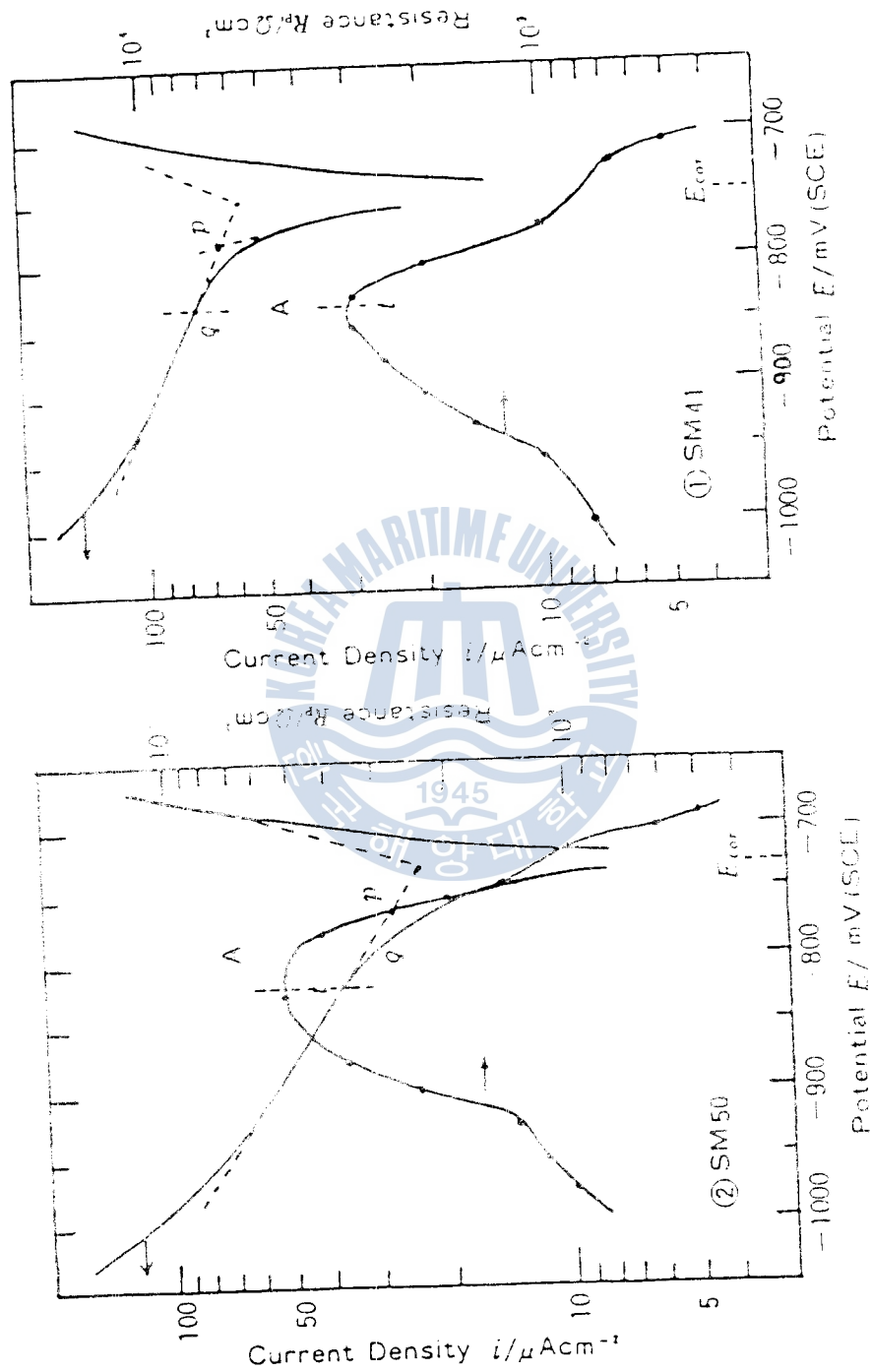


Fig. 2 Potentiostatic Polarization Curves Measured and Polarization Resistance Curves Calculated for Carbon Steels in Natural Static Seawater

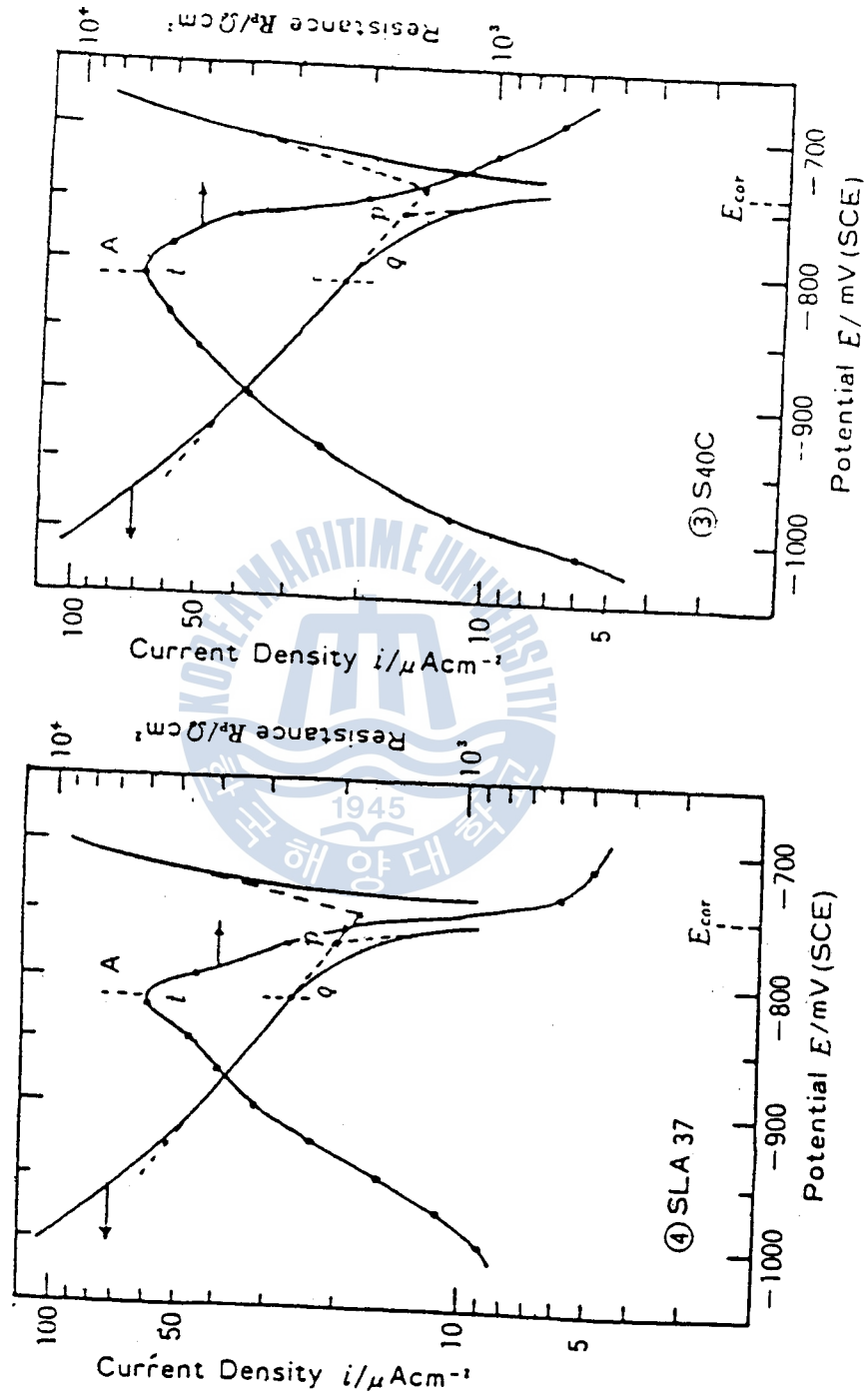


Fig. 3 Potentiostatic Polarization Curves Measured and Polarization Resistance Curves Calculated for Carbon Steels in Natural Static Seawater

그리고 鐵의 腐蝕反應  $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e$  에서 그 平衡電位를 求하면 25°C에서 鐵이온 濃度가  $10^{-5} \text{ mol/l}$  일때 Nernst式에서  $-830 \text{ mV}$ 로 計算되므로 本法에 의한 鐵鋼(스테인레스鋼은 Table 4 參照)의 最適防蝕電位는 鐵의 腐蝕反應의 平衡電位와 一致한다는 것을 알 수 있다.

또 電位-對數電位の 分極曲線에서 折點電流를  $i_p$ , Tafel 勾配가 一定한 電位範圍에서의 最小電流를  $i_q$ , 그 電位를  $E_q$ 라 하고 分極抵抗이 極大인 電位를  $E_t$ (最適防蝕電位)라 하면 이들의 값은 各 試料에 대해서 Table 3 과 같이 求하여 진다.

Table 3. Cathodic Protection Potential-Current Characteristics of Carbon Steels in Natural Static Seawater

No.	Carbon Steel	$i_p \mu\text{A}/\text{cm}^2$	$i_q \mu\text{A}/\text{cm}^2$	$i_q/i_p$	$E_q \text{ mV (SCE)}$	$E_t - E_q \text{ mV}$
1	SM41	64.0	74.0	1.16	-830	0
2	SM50	28.5	37.0	1.30	-820	0
3	S40C	17.7	23.0	1.30	-815	0
4	SLA37	21.0	27.1	1.29	-820	0

$i_p$ :  $i$  at Break point,  $i_q$ : Min.  $i$  at const. Tafel slope,  $E_q$ :  $E$  at  $i_q$ ,  $E_t$ : Optimum protection potential.

Table 3에 의하면 鐵鋼의 實用防蝕電位를 電位-對數電流의 分極曲線에서 그 折點電流의 1.0~1.3배한 電流에서의 電位로 잡는 經驗的인 決定法은 SM41鋼에  $i_q/i_p$ 를 1.16, 其他鋼에 1.3으로 잡았을 때의 防蝕電位와 本法의 最適防蝕電位가 完全히 一致하므로 이 方法은 理論的으로도 妥當하다.

Fig. 4의 (5), (6)은 各各 SUS 304와 SUS 316의 오오스테나이트系 스테인레스鋼에 대한 實測 定電位分極曲線과 이에서 求한 分極抵抗曲線이다. 이들의 스테인레스鋼은 그 分極抵抗曲線에 極大(無限大)點이 세곳에 있으며, 分極曲線으로 보아서 高電位側 極大點은 本 最適防蝕電位 決定理論의 Case A 이고 中電位域의 것은 Case C, 低電位側의 것은 Case B의 경우이다.

이들의 스테인레스鋼의 安定된 腐蝕電位( $E_{cor}$ )\*는 SUS 304鋼과 SUS 316鋼의 順으로  $-155$ 와  $-190 \text{ mV}$ 이고 腐蝕速度( $i_{cor}$ )는 이 兩者에서 거의 0이다. 그리고

\* 이들 鋼의 腐蝕電位는 測定時마다 상당히 變한다. 이것은 腐蝕電位近處의 넓은 領域에서 腐蝕速度가 거의 0이기 때문이다라고 생각된다.

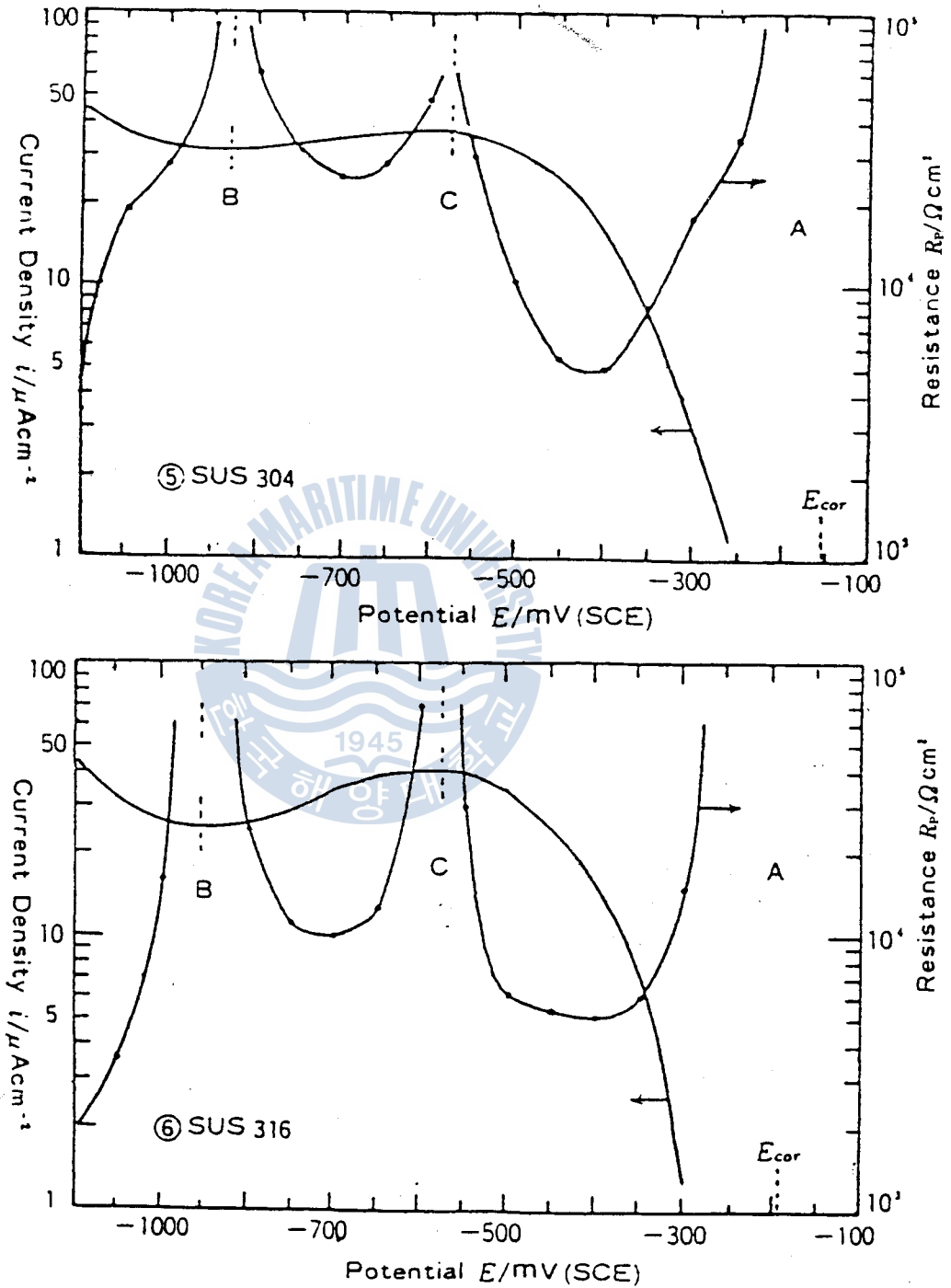


Fig. 4 Potentiostatic Polarization Curves Measured and Polarization Resistance Curves Calculated for Stainless Steels in Natural Static Seawater

Case A의 極大點領域은 이들 鋼의 不動態域, Case C\*의 極大點(-575mV) 領域은 Ni의 安定態域, Case B의 極大點領域은 Fe와 Ni의 共通安定態라고 생각된다.

그러므로 이 두 種類의 스테인레스鋼은 無防蝕狀態에서 使用하는 것이 좋겠고, 炭素鋼과 組合된 構造物의 경우라면 Case B의 極大點電位가 最適防蝕電位이고 그 電位 領域이 最適防蝕電位區間이다.

따라서 SUS 304鋼과 SUS 316鋼의 最適防蝕電位는 그 順에 따라 -825mV와 -850mV이고 그 最適防蝕電位區間은 -775~-875mV와 -800~-900mV이다.

Table 4. Optimum Cathodic Protection Potentials and their Potential Ranges of Stainless Steels in Natural Static Seawater

No.	Kinds of Steels	$E_{cor}$ mV (SCE)	$i_{cor}$ $\mu A/cm^2$	Optimum $E$ mV (SCE)	Optimum $E$ Range mV (SCE)
5	SUS 304	-155	0	-825	-775~-875
6	SUS 316	-196	0	-850	-800~-900

Table 4는 이들의 電位特性을 整理한 것이다. 既發表된 스테인레스鋼의 防蝕基準電位는 炭素鋼과 同一한 -770mV이고 그 實用防蝕電位도 同一한 -850~-950mV이므로 이 決定法에 의한 最適防蝕電位와 잘 一致한다.

그러나 腐蝕電位에서 300mV 陰分極시킨 電位를 防蝕基準電位로 잡는 經驗的決定法은 Table 2 및 4로 보아서 海水中的의 炭素鋼과 스테인레스鋼에는 適用되지 않는다는 것을 알 수 있다.

以上の 考察에서는 Tafel 式( $\eta = \beta \log i / i_{cor}$ )과 Stern-Geary 式( $i_{cor} = K/R_p$ )을 全 分極電位範圍에 擴大해서 適用하였다. 그러나 이 두 式은 Tafel 勾配( $\beta$ )가 一定한  $E_{cor}$  附近의 電位範圍에서 誘導하여 그 範圍에서 論議와 應用이 行해지고 있다. 또 이것을 實際의 腐蝕防蝕系의 外部 定電位分極曲線에서 생각하여 보면 Fig. 1, 2 및 Fig. 3과 같이 지금까지의 研究對象은 本 論文의 Case A 領域으로 局限되어 있다. 그러나 Fig. 4와 같은 一般的인 경우의 全分極電位範圍에 대해서도 그 領域을 數

\* 특히 Case C 領域에서 Ni는 安定態이고 Cr은 安定한 酸化物皮膜을 形成하나 Fe는 活性態이므로 이 領域에서는 Fe가 選択腐蝕될 可能性이 있다. 成分金屬의 平衡電位는 Nernst 式(25°C,  $a_w = 10^{-5} \text{mol/l}$ )에서 각각 Fe: -830mV, Ni: -640mV, Cr: -1302mV이다.

個로 細別해서 適當하게  $\beta = f(i)$  函數를 導入하면 그 分極曲線의 電位-對數電流關係는 一般式  $\eta = f(i) \log(i/i_{cor})$  으로 數式化될 것은 明白하다. 이 경우에  $\beta = f(i) = C$  (一定)가 成立하는 部分은 本 論文의 Case A 領域에 있게되고,  $\beta = f(i) \propto C$  는 Case B ~ C 領域으로 된다. 그러므로 이 경우에는 前者에 대해서 이미 理論이 定立되어 있기 때문에 後者に 대해서 電氣化學的인 理論의 定立이 必要하다.

## 5. 結 論

分極抵抗에 의한 海水中的의 炭素鋼과 스테인레스鋼의 最適陰極防蝕電位에 관한 研究에서 다음과 같은 結果를 얻었다.

1. 어떤 金屬의 理論的인 最適陰極防蝕電位는 그 定電位分極曲線에서 Tafel 勾配가 一定한 경우는 그것이 成立하는 電位範圍에서 分極電流가 最小인 電位이고 Tafel 勾配가 分極電流에 따라 變하는 경우는 그 電流가 極小인 電位이다.

本法에 의한 炭素鋼과 스테인레스鋼의 理論的인 最適陰極防蝕電位는 이미 發表된 이들의 經驗的인 實用防蝕電位와 잘 一致할 뿐만 아니라 鐵의 腐蝕反應의 平衡電位와 잘 一致한다.

2. 「電位-對數電流의 分極曲線에서 그 折點電流의 1.0~1.3倍한 電流에서의 電位를 實用防蝕電位로 잡는 經驗的인 方法」은 理論的으로도 妥當하고 炭素鋼에 잘 適用된다. 그러나 腐蝕電位에서 300mV 陰分極시킨 電位를 防蝕基準電位로 잡는 經驗的인 方法은 海水中的의 炭素鋼과 스테인레스鋼에는 適用되지 않는다.

## 6. 參考文獻

- 1) H. H. Uhlig: Corrosion and Corrosion Control, John-Wiley and Son Inc., 195 (1966)
- 2) 田大熙·金垣寧: 陰極防蝕時的 鋼配管의 分極電位, 所要防蝕電力 및 最適防蝕條件, 韓國海洋大學論文集(自然科學), 第16輯, 83 (1981)
- 3) 田大熙·腐蝕과 防蝕의 管理(補訂版), 316, 一中社(1985)
- 4) 重野準太: 金屬防食技術便覽(新版), 日刊工業新聞社, 578 (1972)
- 5) W. J. Schwerdtfeger · O. N. McDorman: Potential and Current Requirements for the Cathodic Protection of Steel in Solids, Corrosion (NACE), 8, Nov., 391~399 (1952)
- 6) M. H. Peterson: Principles and Criteria for Cathodic Protection of Steel in Sea Water, Corrosion (NACE), 15, Sept., 51~52 (1959)
- 7) E. Schaschl · G. A. March: The Effect of Dissolved Oxygen on Corrosion of Steel and on Current Required for Cathodic Protection, Corrosion (NACE), 13, April, 35~43 (1957)
- 8) 福谷英二: 防食基準電位 および その電位の測定法, 防食技術, 9, 4, 157~159 (1960)
- 9) 呂秋成: 電氣化學的計測法の基礎と問題點, 防食技術, 28, 3, 129 (1979)
- 10) 水流徹·田大熙·春山志郎: 陰極防食された金屬の交流インピーダンス 特性と防食電位, 防食技術, 34, 1, 36~41 (1985)

# 平板의 맞대기 이음 熔接時의 가로收縮에 관한 研究

李 愚 洙

A Study on the Transverse Shrinkage  
in the Butt Joint Welding of plate



Woo - soo Lee  
〈目 次〉

Abstract

Nomenclature

1. 序 論
2. 平板의 熔接에 의한 溫度分布
3. 가로收縮
4. 角變位에 의한 가로收縮의 影響
5. 實 驗
6. 結 論

參考文獻