

分極抵抗에 의한 海水中の 鉛의 最適陰極防蝕電位の 研究

— 實用金屬과 合金의 最適防蝕電位の 研究(4) —

田 大熙 · 金 垣寧 · 田 重鎬 · 李 明勳

韓國海洋大學 防蝕研究室

A Study of the Optimum Cathodic Protection Potential of Lead in Seawater by its Polarization Resistance

— Optimum Protection Potentials of Common Use Metals and Alloys(4) —

D. H. Jeon · W. N. Kim · J. S. Jeon · M. H. Lee

Corrosion Laboratory, Korea Maritime University

ABSTRACT

The optimum cathodic protection potentials of the lead plate and pipe in natural seawater are discussed by their polarization resistances. The main results obtained are as follows;

1. Jeon's theory which decided the cathodic protection potential with its polarization resistance is applicable to the lead plate or pipe in seawater, and those protection potentials pertain to the "case A" on the theory.
2. The optimum cathodic protection potential of the lead plate or pipe decided by the theory is $-620 \sim -630\text{mV}$ (SCE) in static seawater as well as flowing seawater. This protection potential is $70 \sim 80\text{mV}$ lower than the equilibrium potential and 100mV lower than British and NACE standard but coincided well with Compton's protection potential of lead.
3. The cathodic corrosion potential of lead proposed by Compton is $-750 \sim -800\text{mV}$ (SCE), and $-1000 \sim -1400\text{mV}$ range in lower potential zone is considered as other immunity range of lead.

1. 序 說

鉛은 機械的強度가 약하나 값이 싸고 耐蝕性이 좋으므로 化工裝置나 海水中和 地中과 같이 腐蝕性이 강한 환경에서 施設物이나 그 被覆物로서 사용 되는 경우가 많다.

鉛의 陰極防蝕 基準電位에는 英國基準¹⁾과 NACE 標準²⁾이 有名하다. 前者에는 -0.53V (SCE - 以下의 모든 電位는 SCE로 表示). 後者에는 水中과 地中에서 -0.48V , 管路中에서 -0.53V 로 발표되어 있다. 또 Compton³⁾에 의하면 그 防蝕電位는 -0.63V 이고 그 電位가 -0.77V 이하로 되면 陰極腐蝕에 의해서 孔蝕이 생기기 쉽다고 하였다.

筆者는 實用金屬의 最適陰極防蝕電位를 分極抵抗

에 의해서 決定하는 方法⁴⁾을 開發하고, 이것이 海水中的의 炭素鋼, 스테인레스鋼⁵⁾, 銅合金⁶⁾ 및 알루미늄合金⁷⁾ 등의 多需要 實用合金의 實用防蝕電位를 결정하는 方法으로서 적당하다는 것을 밝힌바가 있다. 다른 한편으로는 이 最適陰極防蝕電位를 筆者는 交流抵抗인 임피탄스에 의해서도 同一하게 決定할 수 있다는 것을 3.5% 食塩水中의 炭素鋼에 대해서 밝힌 바⁸⁾가 있고, 또 이 防蝕電位는 防蝕率과 防蝕電流利用率의 相乘積인 防蝕實效率이 最大로 되는 電位라는 것을 實証⁹⁾하였다.

本稿는 筆者가 開發한 最適防蝕電位の 決定法이 海水中的의 鉛에 대해서 적용되는가 여부, 既發表 防蝕電位가 鉛의 海水中的의 防蝕電位로서의 適否 등을

究明하고자 한다.

筆者가開發한分極抵抗에 의한實用金屬의最適陰極防蝕電位の決定法⁹⁾은 다음과 같다. 即,陰極防蝕의最適防蝕電位는定電位分極曲線에서 Tafel勾配가 일정한 경우는 그 전위범위에서分極電流가最小인電位(Case A)이고, Tafel勾配가分極電流에 따라 변하는 경우는 그分極電流가極小인電位(Case B)이다. 또 이와같은防蝕電位가 두개이상인 있을 때의最適防蝕電位는 그 각 전위에서의防蝕效率과防蝕電力 등에 따라 결정된다. 그리고定電位分極曲線에서分極電流가極大인電位(Case C)는陰極腐蝕이나選擇的腐蝕이 생길 수 있는電位이다.

2. 試料와 測定條件

이 研究에 사용된 試料는 Table 1과 같은鉛板 PbP와鉛管 PbT1의 2種이다.

Table. 1. Chemical Compositions of Lead Specimens

Kinds	Composition	JIS No.
Lead plate	Pb>99.9%	PbP(H 4301)
Lead pipe	Pb>99.5%	PbT1(H 4311)

아 試驗片은測定端子를 붙인 후에試驗面으로서 1.0cm만 남기고 그全殘面은 에폭시樹脂로絶緣被覆하였으며,測定端子와의接續抵抗이 0.2Ω以下인 것만 선택하였다. 또 試驗用水는天然海水(13.7℃에서 ρ:26.2Ω·cm, pH:7.88)이고 試驗水溫은常溫(13.2~16.8℃)이었다.

試驗片(砂布 1000番까지로 研磨후 아세톤脫脂)의定電位分極曲線은天然海水中에浸漬한 2日後, 10日後 및 20日後의 세번測定하였으며,靜水中과流動水(약 1 m/s)중에서 Potentiostat Set(V8-2010L SR+EC+GT, Yanaco)로 각각電位走查速度 100 mV/min下에서測定하였다.

3. 測定結果와 考察

Fig. 1과 Fig. 2 ① 2d의 曲線은海水中의鉛板(PbP)의定電位分極曲線이다. 이것은靜海水中에浸

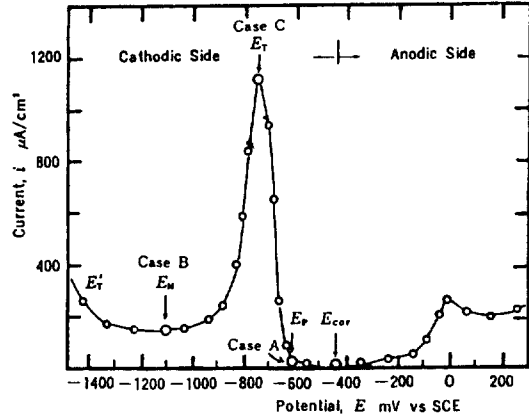


Fig. 1. Potentiostatic Polarization Curve of the Lead Plate immersed in Static Seawater for 2 Days (See :Fig. 2 ①2d Curve)

漬한 2日後에 走查速度 100mV/min下에서測定한 것이다. 이 두陰分極曲線에 의하면適正陰極防蝕電位는筆者의理論⁹⁾上的 Case A와 B의 두 경우에 나타나고, Case C의 경우^{4,9)}인電流山의 E_T電位域은陰極腐蝕域이라고 생각된다. 왜냐하면 Case C의 영역은 E_Cor→E_T→E_M로定電位分極시켜도水素가스가發生되지 않는 점으로 보아서水素發生域이 아니고(E_T電流山이水素發生電位域이라고 생각됨), 그 E_T의 -750~-800mV영역은 Compton이指摘한陰極腐蝕電位 -770mV와 잘一致하기 때문이다. 또 Case A(E_P)와 B(E_M)의 두適正防蝕電位에 대해서는防蝕電力과電源裝置容量의見地에서 Case A가最適防蝕電位이고 Case B는低電位域에 또 하나의 넓은鉛의安定域이存在함을 뜻하는 것으로 생각된다.

Fig. 2의 ①~④는 각각鉛板과鉛管的試驗片을靜海水中과流動海水中에서浸漬하고 2日, 10日 및 20日間씩安定시킨 후에測定한定電位陰極分極曲線들이다. 이들에 의하면 어느 경우나分極曲線이同一型이므로 Case A의 E_P를最適防蝕電位(Optimum Protection Potential), Case B의 E_M域을低電位安定域(LP Side Immunity Zone) 및 Case C의 E_T域을陰極腐蝕域(Cathodic Corrosion Zone)이라고 하고, 그 각電位와 그電流를調査하면 Table 2와 같이 된다.

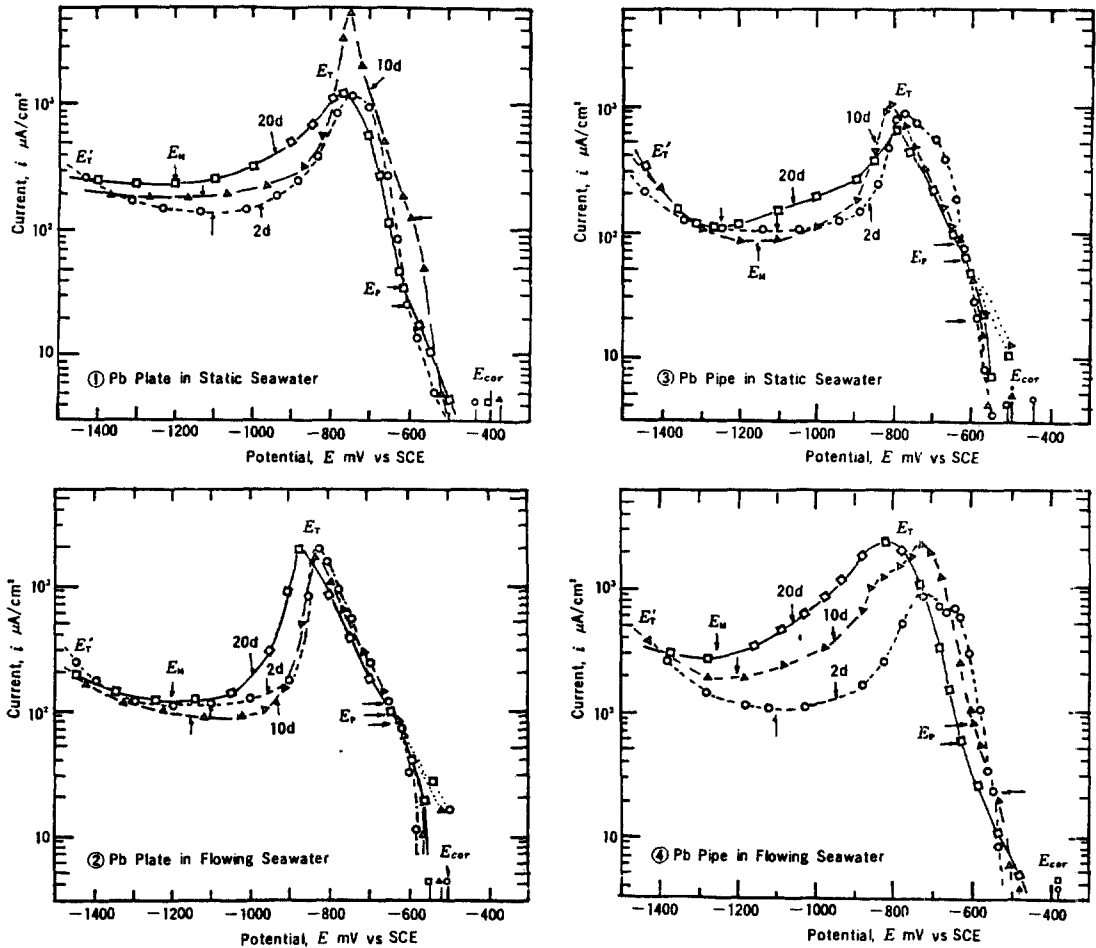


Fig. 2. Potentiostatic Polarization Curves of the Lead Plate and Pipe immersed in Static or Flowing Seawater for 2, 10 and 20 Days

Table 2에 의하면 海水中的 鉛板과 鉛管의 分極特性은 다음과 같이 要約된다.

(1) 鉛板은 靜海水中에서, 鉛管은 流動海水中에서 自然腐蝕速度가 $1\mu\text{A}/\text{cm}^2$ 内外이므로 電氣防蝕할 必要가 거의 없다. 이에 대해서 流動海水中的 鉛板과 靜海水中的 鉛管의 自然腐蝕速度가 10數 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ 에 達하며 이 경우에 鉛板쪽의 腐蝕이 더 甚하다.

(2) 海水中的 鉛板과 鉛管에 대해서 筆者의 最適陰極防蝕電位 決定法은 잘 適用되며, 이 防蝕電位는 그 決定理論의 Case A의 경우이다.

이 方法에 의해서 決定되는 鉛板과 鉛管의 最適防蝕電位는 流動海水中이나 靜海水中을 막론하고 거

의 同一한 $-620 \sim -630\text{mV}$ (SCE)이다. 이 防蝕電位는 鉛의 平衡電位(-552mV)보다 $70 \sim 80\text{mV}$ 가 더 낮고 英國과 NACE의 防蝕基準電位보다는 100mV 가 더 낮으나 Compton의 防蝕電位와는 잘 一致한다. 이들의 電位는 鐵鋼의 防蝕基準電位가 -770mV 인데 대해서 그 實用防蝕電位로는 $-850 \sim -950\text{mV}$ 를 사용하는 것과 類似한 關係라고 생각된다.

(3) Compton이指摘한 所謂 鉛의 陰極腐蝕電位는 $-750 \sim -800\text{mV}$ 이고, $-1000 \sim -1400\text{mV}$ 의 低電位域은 鉛의 또 다른 安定域이라고 생각된다. 이 두 問題에 대해서는 重量減少法 등으로 再確認함이 바람직하다.

Table 2. Potentials and Currents of the Key Points on Potentiostatic Polarization Curves (E mV vs SCE, i μ A/cm²)

E / i	Lead Specimen	Static Seawater				Flowing Seawater			
		2 d	10d	20d	(Range)	2 d	10d	20d	(Range)
E_{cor} / i_{cor}	Pb Plate	-435 / 0.0	-370 / 1.5	-400 / 1.1	-400	-500 / 16	-515 / 17	-545 / 27	-540
	Pb Pipe	-445 / 0.0	-500 / 12	-505 / 11	-510	-380 / 0.0	-480 / 1.7	-380 / 0.0	-400
E_p / i_p	Pb Plate	-610 / 25	-600 / 125	-615 / 37	-620 (570~670)	-650 / 120	-635 / 90	-630 / 80	-630 (580~680)
	Pb Pipe	-585 / 20	-635 / 85	-625 / 64	-630 (580~680)	-545 / 24	-595 / 84	-625 / 58	-630 (580~680)
E_T / i_T	Pb Plate	-750 / 1150	-750 / 5500	-770 / 1250	-770 (725~825)	-825 / 2000	-825 / 1700	-850 / 1900	-850 (800~900)
	Pb Pipe	-800 / 900	-800 / 1000	-800 / 700	-800 (750~850)	-725 / 1000	-725 / 2200	-820 / 2200	-820 (775~875)
E_M / i_M	Pb Plate	-1100 / 140	-1200 / 180	-1200 / 240	-1200 (1000~1400)	-1150 / 110	-1100 / 90	-1200 / 120	-1200 (1000~1400)
	Pb Pipe	-1100 / 100	-1150 / 80	-1250 / 100	-1250 (1000~1400)	-1100 / 110	-1200 / 190	-1250 / 280	-1250 (1100~1400)

E_{cor} : Corrosion Potential, E_p : Optimum Protection Potential, E_T : Cathodic Corrosion Potential, E_M : LP Side Immunity Zone

4. 結 論

分極抵抗에 의한 天然海水中的 鉛板과 鉛管의 最適陰極防蝕電位에 관한 研究에서 얻은 主結果는 다음과 같다.

(1) 海水中的 鉛板과 鉛管에 대해서 田의 最適防蝕電位 決定法은 잘 適用되며, 이 防蝕電位는 그 決定理論의 Case A의 경우이다. 이 方法에 의해서 決定되는 鉛板과 鉛管의 最適防蝕電位는 流動海水中이나 靜海水中을 막론하고 거의 同一한 -620~-630 mV(SCE)이다.

이 防蝕電位는 鉛의 平衡電位보다 70~80mV가 더 낮고 英國과 NACE의 防蝕基準電位보다는 100mV가 더 낮으나 Compton의 防蝕電位와는 잘 一致한다.

(2) Compton이 指適한 鉛의 陰極腐蝕電位는 -750~-800mV이고, -1000~-1400mV의 低電位域은 鉛의 또 다른 安定域이라고 생각된다.

5. 參考文獻

1. 英國의 陰極防蝕電位基準, CP-1021(1973)
 2. NACE Standard, RP-01-69(1972 Revision)

3. K. G. Compton : Mater. Prot., 4, 8, 93(1965), 日本學術振興會: 金屬防蝕技術便覽(新版), 日刊工業新聞社, 598(1972)
 4. 田大熙·田重錫·李明勳: 分極抵抗에 의한 海水中的 銅과 銅合金의 最適陰極防蝕電位の 研究, 韓國腐蝕學會誌, 14, 4, 11~19(1985)
 5. 田大熙·田重錫·李明勳: 分極抵抗에 의한 海水中的 炭素鋼과 스테인레스鋼의 最適陰極防蝕電位の 研究, 韓國腐蝕學會誌, 15, 1, 3~8(1986)
 6. 田大熙·田重錫·李明勳: 分極抵抗에 의한 海水中的 알루미늄과 그 合金의 最適陰極防蝕電位の 研究, 韓國腐蝕學會誌, 15, 3, 3~7(1986)
 7. 水流 徹·田大熙·春山志郎: 陰極防食された金屬의 交流인피더런스特性と防食電位, 防食技術, 34, 1, 36~41(1985)
 8. 西方 篤·候保榮·田大熙·水流 徹·春山志郎: 陰極防食された炭素鋼의 交流인피더런스特性と最適防食電位, 防食技術, 36, 1, 23~26(1987)
 9. 前掲書(4)의 P.14, (5)의 P.4 및 (6)의 P.4