

環境의 比抵抗을 고려한 水中 圓鋼板의 分極電位分布에 관한 研究

金 貴 植*

A Study on the Polarization Potential Distribution of a Steel Disc in the Water by Specific Resistance of Corrosion Circumstances.

Gui-Sig Kim

Protecting a steel disc submerged by impressed current method, the author had investigated and published the effects that anode location exerts on polarization potential distribution and electric power for corrosion prevention when the specific resistance of water was set as 1920 $\Omega\text{-cm}$.

In this paper, the author investigated the influence of specific resistance of water on polarization potential distribution and the applicable limit.

The results obtained are as follows:

- (1) When the specific resistance of water is between 26-480 $\Omega\text{-cm}$, the effect that anode location exerts on polarization potential distribution is little.
- (2) When the specific resistance of water is between 1000-4900 $\Omega\text{-cm}$, the polarization potential at the drainage point is presented as follow; $E_0 = E_0 + 0.0122(\rho - 1920)$
where E_0 : polarization potential at the drainage point when $\rho = 1920 \Omega\text{-cm}$.
- (3) In the range of 1000-4900 $\Omega\text{-cm}$, the empirical formula are corrected as follow;

$$E_x = E'_0 \{ K_0 (\sqrt{\rho_s/Rt} x) / K_0 (\sqrt{\rho_s/Rt}) \}$$

$$\sqrt{R} \times 10^3 = 10^{2.7699h+0.238} x + 10^{3.906h+1.4}$$

緒 論

環境의 比抵抗에 따른 鋼의 腐蝕은 比抵抗이 적은 環境이 염소이온, 금속이온이 많으므로 腐蝕성이 강하다고 田(1978)이 評價하고 있으며, 특히 花田(1957)과 Waldron(1958)등은 陽極形狀에 따른 回路抵抗의 計算을 環境의 比抵抗의 函數로 表示하고 있고, 門井(1966)과 Burkhardt(1980)등은 可溶性鹽類와 比抵抗, 腐

蝕電流와 比抵抗과의 關係를 考察하여 比抵抗에 따른 腐蝕性 環境을 規明하고 있다.

平板을 外部電源法으로 陰極防蝕할 때 不溶性陽極의 設置位置에 따른 被防蝕體의 分極電位分布狀態와 所要防蝕電力 등에 關하여 本人(1981)의 研究 發表한 바 있다. 그러나 그것은 比抵抗이 1920 $\Omega\text{-cm}$ 인 경우에 限하여 檢討한 것이었다.

本研究에서는 넓은 범위의 比抵抗에 대하여 比抵抗의 變化가 分極電位分布에 미치는 影響을 考察하여 比抵抗을 고려한 分極電位實驗式을 補正하고 그 適用限

*제주대학; Jeju university.

界를 檢討하였다.

實驗裝置 및 實驗方法

1. 實驗裝置

本 研究의 實驗裝置는 Fig.1과 같이 配置하였다.

試驗片은 지름 56cm, 두께 0.4cm의 構造用炭素鋼 (KSD 3566 SPS 30) 圓板을 使用하여 表面의 녹을 完全히 제거하고 아세톤으로 脫脂한 후 排流端線과 測定用端線을 붙였다. 그리고 有效作用面積을 $\pi/4 \times 50^2 \text{cm}^2$ (0.1963m²)이 되도록 露出하고 그외의 表面과 全裏面은 絶緣施工하여서 水槽(80cm D×100cm H)에 浸漬하였다.

不溶性陽極(지름 1cm 球型, 鉛銀合金電極)은 試驗片 中央에서 높이 15cm 位置에 固定하고 基準電極(飽和 칼로멜電極, Corning cat. No. 47610900)은 길이방향으로 移動시킬 수 있도록 設置하여 試驗片 各點의 分極電位를 測定할 수 있도록 하였다.

그리고 電源裝置(直流通電壓, 50V-1A容量)와 電位差計(VTVM, Dynascan Corp. Model 177)에 각각 試驗片의 端線들을 配線하였다.

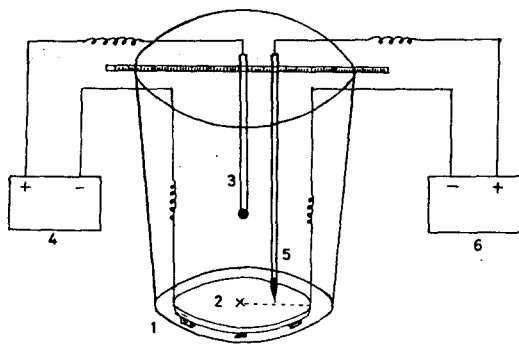


Fig.1 Experimental Equipment
 1: Watertank 2: Test piece
 3: Insoluble electrode
 4: Electric power source
 5: Reference electrode(SCE)
 6: Potentiometer

2. 實驗方法

試驗片을 水槽에 浸漬하고 2週間은 주간 8시간을 電流密度 150mA/m²로 陰極防蝕하고 그외의 時間은 無

防蝕狀態로 放置케 됨으로서 試驗片을 安定시킨 후 通電試驗을 시작하였다. 이때의 試驗片의 自然電位는 -690mV(SCE)였다.

分極電位의 測定은 防蝕電流를 20分間 通해서 충분히 分極이 된 다음 測定하였으며 測定이 끝난 후에는 電源을 끊고 물의 比抵抗을 調質하였다. 그 調質은 海水 (26°C, 24Ω-cm)와 清水(26°C, 4900 Ω-cm)을 적당량씩 혼합하여 比抵抗計(CM-3M TOA Electrode Ltd)로써 測定하면서 調質하였으며, 比抵抗 26~4900 Ω-cm 범위에서 各各의 分極電位를 測定하였다. 그리고 各各의 比抵抗의 調質時마다 試驗片을 安定시키고 通電試驗을 하였으며 各 경우마다 自然電位는 -690mV였다.

結果 및 考察

本人의 研究報告(1981)에서, 그리고 Wilson(1970)이 實驗的으로 구한 最의防蝕時의 陽極높이率의 범위보다 分極電位에 더욱 影響을 크게 미치는 0.3의 陽極 높이率에서 一定印加電流密度 100mA/m²일 때 물의 比抵抗에 따른 分極電位分布는 Fig.2와 같다.

Fig.2에 의하면 比抵抗이 26~480Ω-cm 범위에서 分極電位分布狀態가 良好하므로 陽極의 適正設置位置의 影響은 거의 없으며, 720~4900 Ω-cm의 범위에서는

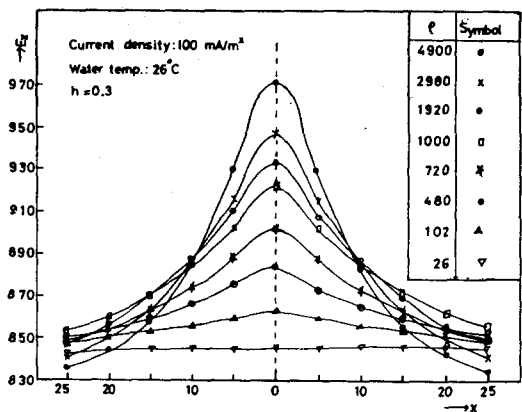


Fig.2 Cathodic polarization potentials.

分極電位分布狀態가 不良하므로 1920Ω-cm에서 유도한 試驗片 任意點의 分極電位의 實驗式은 이 比抵抗의 범위에서는 補正되어야 한다.

試驗片 任意點의 分極電位의 式이 E_0 와 R 및 試驗片의 各 次數의 函數로, 또 E_0 가 i_0 와 h 의 函數로 R 이 h 와 x 의 函數로 表示되므로 門井(1966)과 Burkhart (1980)와 같이 環境의 比抵抗의 電流密度에 影響을 준

環境의 比抵抗을 고려한 水中圓鋼板의 分極電位分布에 관한 研究

다고 하면 比抵抗과 分極電位와의 관계는 排水點의 分極電位와 比抵抗의 관계를 살펴봄으로써 알 수 있다. 물의 比抵抗(ρ)의 變化에 따른 排水點의 分極電位(E)를 Fig. 3에 圖示하였다.

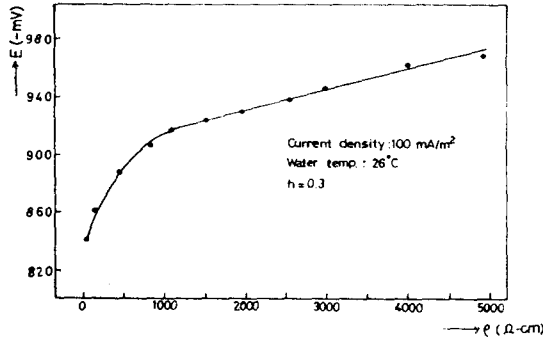


Fig. 3 Relations of E to ρ

Fig. 3에 의하면 물의 比抵抗(ρ)이 1000~4900 Ω -cm 범위에서 排水點의 分極電位 (E)는 1920 Ω -cm에서의 分極電位에서 완만하게 直線的으로 變化함을 알 수 있다.

그러므로 그 一般式을

$$E = a\rho + b \dots\dots\dots(1)$$

로 表示할 수 있으며, 常數 a 및 b 는 測定值을 代入하여 最小自乘法으로 測定하면 다음과 같다.

$$E = 0.0122 \rho + 915.06 \dots\dots\dots(2)$$

(2) 式을 1920 Ω -cm인 排水點의 分極電位 (E_0)에 適用시키면 물의 比抵抗을 고려한 排水點의 分極電位 (E'_0)는

$$E'_0 = E_0 + 0.0122(\rho - 1920) \dots\dots\dots(3)$$

로 表示된다.

E_0 에 대한 E'_0 의 比率은 Table 1에 나타난 바와같이 $\rho = 1300 \sim 2500 \Omega$ -cm 범위에서 $\pm 5\%$ 이며, $\rho = 450$

Table 1 Calculated polarization potential for the drainage point & the ratio of (E'_0/E_0)

$h \setminus \rho$	450	700	1000	1300	1500	1920	2500	2980	3500
0.2	1322.14 (98.6)	1325.19 (98.8)	1328.85 (99.1)	1332.50 (99.4)	1334.95 (99.6)	1340.07 (100.0)	1347.15 (100.5)	1353.00 (101.0)	1359.35 (101.4)
0.4	674.57 (97.4)	677.67 (97.8)	681.28 (98.3)	684.93 (98.8)	687.38 (99.2)	692.51 (100.0)	699.59 (101.0)	703.53 (101.6)	711.77 (102.8)
0.6	358.68 (95.2)	361.74 (96.0)	365.40 (97.0)	369.06 (97.9)	371.50 (98.6)	376.62 (100.0)	383.70 (101.8)	389.55 (103.4)	395.89 (105.1)
0.8	154.65 (89.6)	157.70 (91.4)	161.36 (93.5)	165.02 (95.6)	167.46 (97.0)	172.58 (100.0)	179.65 (104.1)	185.51 (107.4)	191.85 (111.0)

Table 2 Calculated Polarization Potential and the ratio. ($h=0.3$)

$\rho \setminus x$	0	10	20	25
720	$\frac{930.73}{902}$ (105.2)	$\frac{903.19}{870}$ (105.8)	$\frac{884.83}{861}$ (104.6)	$\frac{874.57}{853}$ (106.8)
1000	$\frac{934.14}{923}$ (101.2)	$\frac{887.43}{891}$ (98.9)	$\frac{868.75}{859}$ (101.2)	$\frac{850.06}{845}$ (100.6)
1920	$\frac{945.37}{934}$ (101.4)	$\frac{879.19}{875}$ (100.5)	$\frac{860.28}{842}$ (102.2)	$\frac{841.37}{840}$ (100.2)
2980	$\frac{958.30}{950}$ (100.8)	$\frac{891.22}{885}$ (100.7)	$\frac{862.47}{853}$ (101.5)	$\frac{843.31}{841}$ (100.3)
4900	$\frac{981.73}{974}$ (100.5)	$\frac{873.64}{880}$ (98.2)	$\frac{854.11}{848}$ (100.7)	$\frac{834.47}{836}$ (99.8)

~3500 Ω-cm 범위에서 ±11% 이내의 차를 나타낸다. 따라서 ρ=1300~2500 Ω-cm의 범위 이내라면 E₀을 그대로 사용해도 좋지만 ρ의 영향을 고려하면 ρ=1000~4900 Ω-cm 범위에서 E₀ 대신 E₀'을 대입하여 補正하면 試驗片 任意点의 分極電位式은 다음과 같다.

$$\left. \begin{aligned} E_x &= E_0' \{ K_0(\sqrt{\rho_s/Rt} x) / K_0(\sqrt{\rho_s/Rt}) \} \\ E_0' &= \{ 16.731 - 9.708 \log(50h) \} i_0 + 10^3 - 3.141h \\ &\quad - 19.0 + 0.0122(\rho - 1920) \\ \sqrt{R} \times 10^3 &= 10^{2.7698h + 0.233x + 10^3.906h + 1.4} \end{aligned} \right\} (4)$$

本試驗片의 치수가 d=50cm, t=0.4cm, 炭素鋼의 比抵抗(ρ_s)이 13.5×10⁻⁶ Ω-cm이므로 (4)式에 適用하여 計算한 分極電位와 實測한 分極電位의 比를 Table 2에 表示하였다.

要 約

물의 比抵抗의 變化에 따른 分極電位分布를 調査 檢討한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 물의 比抵抗이 26~480 Ω-cm 범위에서는 分極電位 分布狀態가 良好하여 陽極의 適正設置位置의 影響은 거의 없다.

2. 물의 比抵抗과 排流点의 分極電位와의 관계는 比抵抗이 1920 Ω-cm일 때의 排流点의 分極電位를 E₀라 할때 ρ=1000~4900 Ω-cm에서

$$E_0' = E_0 + 0.0122(\rho - 1920)$$

3. 물의 比抵抗이 1000~4900 Ω-cm일 때 試驗片 表面의 任意点의 分極電位의 實驗式은 다음과 같이 補正된다.

$$\left. \begin{aligned} E_x &= E_0' \{ K_0(\sqrt{\rho_s/Rt} x) / K_0(\sqrt{\rho_s/Rt}) \} \\ \sqrt{R} \times 10^3 &= 10^{2.7698h + 0.233x + 10^3.906h + 1.4} \end{aligned} \right\}$$

文 獻

田大熙(1978): 地下埋設 鐵鋼體의 腐蝕과 陰極防蝕 法, 韓國腐蝕學會誌, 7-1, 25-33.

花田政明·豊部正義(1959): 實驗式に求めた接地抵抗의 近似計算式, 防蝕技術, 8-6, 245-250.

L. J. Waldron·M.H. Peterson (1958): The Current Voltage Relationship of Galvanic Anode Arrays in Cathodic Protection, NACE, 14, 289t-294t.

門井守夫·高橋紹明·矢野浩太良(1966): 金屬材料의 土壤腐蝕에 對한 研究, 防蝕技術, 16-6, 10-18.

W.H. Brnkhart(1980): Temperature Rise in Underground Impressed Current Anodes, NACE, 36-4, 161-167.

金貴植(1981): 外部電源에 의한 水中圓板의 陰極防蝕에 對한 研究, 韓國海洋大學 碩士學位 論文, 5-28.

L. Wilson(1970): The Distribution of Current Densities at the Cathodic Surfaces of Cathodic Protection system, Anti-Corrosion, Feb., 23~26.

記號說明

x: 排流点에서 測定点까지의 거리(cm)

d: 試驗片의 直径(cm)

t: 試驗片의 厚度(cm)

H, h: 試驗片中心에서 陽極까지 높이(cm) 및 그 높이率(H/d)

ρ_s: 試驗片의 比抵抗(Ω-cm)

ρ: 任意의 물의 比抵抗(Ω-cm)

i₀: 試驗片의 平均電流密度(mA/πr²)

E₀: 比抵抗 1920 Ω-cm 일 때의 排流点의 分極電位(mV)

E₀': 任意의 물의 比抵抗 일때의 排流点의 分極電位(mV)

E_x: x点의 分極電位(mV)

R: 試驗片의 表面抵抗(Ω)

K₀: Bessel 函數