



電氣防蝕方法의 選定

Cathodic Protection Method

朴 相 國*
Park, Sang Koog

1. 序 言

金屬腐蝕의 主要原因으로 異質金屬間의 電位差, 電解質中에서의 接觸電位의 差 및 酸素의 存在 其他의 原因等을 들 수 있다. 이들 原因中에서 萬一 하나라도 除去시키면 金屬의 腐蝕은 抑制될 수 있을 것이다. 따라서 防蝕의 方法이란 이러한 諸要因中 몇가지 或은 하나만이라도 除去하는 것을 그 目的으로 하고 있으며 여기서는 그 中 一部分인 電氣防蝕에서 普遍的으로 使用되고 있는 犧牲陽極方法, 外部電源方法 및 地中漏泄電流에 依하여 發生하는 電蝕에 適用되는 排流法에 對하여 紹介하고자 한다.

2. 犧牲陽極(流電陽極) 方法

어떤 電解質속에 異種의 金屬을 導體로 連結하였을 境遇에는 電解質을 通하여 電流의 回路가 形成된다. 이런 現象에 따른 電流의 흐름은 劣等金屬(Less noble metal)側에 腐蝕을 惹起(陽極으로 帶電)시키고 反對로 貴金屬(Noble metal)側(陰極으로 帶電)은 保護를 받게 된다. 換言하면 陽極側이 犧牲함으로서 이루어지는 犧牲陽極法을 意味하게 된다.

우리가 一般的으로 廣範圍하게 使用하고 있는 鐵構造物에 對하여는 鐵보다 劣等한 金屬으로서

經濟性을 考慮하여 알루미늄, 마그네슘, 아연 등의 合金을 利用하게 된다. 다른 하나의 例로서 같은 原理下에 鐵金屬은 黃銅보다 劣等金屬이 되므로 鐵板이나 PLUG의 形態로서 黃銅에 對한 犧牲陽極으로서 黃銅의 脫亞鉛을 防止하여 腐蝕을 抑制시키고 있다.

이러한 犧牲陽極으로 使用되는 알루미늄, 마그네슘, 아연 등의 合金은 環境의 條件 卽 周圍溫度, 電解質의 比抵抗, 放出되는 電流量等에 따라 合金成分을 適宜配合하여 使用한다.

合金陽極의 通常海水中에서의 實驗値는 아래 表 1과 같다.

<表 1>

合 金	陽極電位(V) Ag/AgCl 基準電極	概約消耗率 (kg/A-year)
마 그 네 슴 (Mg-Al-Zn)	-1.5~-1.7	8
아 연 (Zn-Al-Cd)	-1.05	12
아 연 (Zn-Hg)	-1.05	12
알 미 늄 합 금 (Al-Zn)	-0.97	4~8
알 미 늄 합 금 (Al-Zn-Sn)	-1.1~-1.15	4~9
알 미 늄 합 금 (Al-Zn-Hg)	-1.05	3.5(略)

2.1 陽極의 材質(Anode materials)

2.1.1. 陽極에 使用되는 材料

* 電氣技術士(發送配電), (株) 三工社 常務理事

普遍的으로 陽極에 使用되는 材質은 알루미늄 合金, 마그네슘 合金, 亞鉛 등을 들 수 있으며, SPARK 나 爆發의 危險性이 있는 個所에는 亞鉛을 使用하고 알루미늄 合金이나 마그네슘 合金은 使用하지 못한다.

2.1.2 마그네슘 合金 陽極

마그네슘 合金 陽極은 經濟性으로 볼 때 알루미늄 合金 陽極 或은 亞鉛 陽極으로서는 不可한 電解質(媒體)의 比抵抗이 높은(3,000Ω-cm 以上) 場所에 使用한다. 電氣防蝕用 陽極으로서 使用되는 마그네슘 合金 陽極의 概略 合金比率은 알루미늄(5.3~6.7%), 亞鉛(2.5~3.5%), 및 若干의 망강(Manganese 0.15% min)으로 하며 壽命의 關係上 不純物은 可能한 限 적어야 한다.

2.1.3 亞鉛 陽極

持續的인 防蝕電流의 放出을 爲하여 純粹亞鉛을 必要로 하게 된다. 可能한 限 不純物의 含量이 적어야 하므로 不純物 最少基準值로서는 鉛(Lead: 0.006% max); 鐵(Iron: 0.005% max), 銅(Copper: 0.005% max), 硅素(Silicon: 0.125% max), 카드미움(Cadmium: 0.025~0.15%); 알루미늄(Aluminum: 0.10~0.5%) 등으로 規制하고 있다.

一部 不純物이 含有된 亞鉛을 防蝕用 陽極으로 使用할 增遇는 陽極表面에 不純腐蝕物이 附着되어 電流放出을 抑制하여 陽極으로서의 役割을 못한다. 亞鉛의 鐵에 對한 防蝕電位는 마그네슘이 鐵에 對하여 約 0.6V 인데 比하여 겨우 0.25V 程度 밖에 안되는 적은 出力이므로 經濟的인 使用을 爲하여는 電解質의 比抵抗이 1,500Ω-cm 以下인 場所에 使用하여야 한다. 따라서 海水中이나 比較的 防蝕電流를 적게 必要로 하고 長期間의 壽命을 要하는 個所에 使用하는 것이 要望된다. 卽 例로서 잘 塗裝된 海底配管과 같이 微細한 電流로서 防蝕可能한 方法에 採擇된다.

또한 亞鉛 陽極은 比較的 溫度가 높고 마그네슘 陽極으로서는 消耗가 많아 比經濟的인 個所 卽 溫度範圍는 30°~60°C 程度에서는 效果의이나 以上되는 場所의 使用은 避하여야 한다. 이 境遇는 鐵과 亞鉛間에 極性이 바뀌어 鐵이 陽極이 되어 亞鉛側이 腐蝕되는 逆現象이 생기기 때문이다.

2.1.4. 알루미늄 合金 陽極

가장 널리 使用되는 電氣防蝕材로서는 알루미늄 合金 陽極을 들 수 있다. 過去에는 水銀도 合金에 包含시켜 效率를 높여 使用하였으나 近來에는 海水의 汚染이나 公害防止를 爲하여 水銀을 使用하지 않고 代身 高級金屬인 인듐 微量(Indium: 0.01~0.05%), 마그네슘 등을 合金하여 效率이나 電位를 改善하여 使用하고 있다. 特히 純粹한 알루미늄으로 合金하여야 陽極으로서의 役割을 期待할 수 있고 通常 適用範圍는 海水나 鹽分이 있는 水中으로 比抵抗이 200Ω-cm 以下가 適合하다. 卽 海岸構造物等에는 많이 利用되나 土壤中에는 使用하지 않는다.

2.2 陽極의 特性

2.2.1. 陽極의 一般特性

陽極의 出力(陽極個當放出電流量)은 犧牲陽極 方法을 適用할 境遇陽極의 所要數量決定, 消耗率에 따른 壽命의 算定率에 가장 重要한 要因이 된다. 여기서 出力 A·H는 使用되는 金屬이나 合金의 電氣化學的 特性 및 效率에 依하여 決定된다. 卽, 電氣의 特性 및 效率을 考慮하여 算定한 陽極의 理論出力은 大略아래와 같다.

마그네슘 陽極	2200 A·h/kg
아연 陽極	780 "
알루미늄 合金 陽極	2,800 "

또한 한 種類 以上의 陽極이 使用可能한 增遇의 選擇은 使用되는 金屬의 出力 電流用量的 크기에 大端한 影響을 받게 된다.

2.2.2. 陽極의 效率

實際防蝕에 使用할 各種陽極은 理論發生電氣 用量에만 左右되는 것이 아니고 陽極自體의 電氣消耗量 및 電解質과 保護하여야 할 構造物等에 따라서도 左右된다.

陽極의 效率은 陽極의 單位重量當 理論發生電氣 量에 對하여 實際消耗된 陽極의 重量에 對한 比率로서 表示하게 된다.

마그네슘 合金 陽極의 增遇, 通常 50% 程度의 效率을 보이고 있으며 이러한 結果를 얻기 爲하여는 不純物의 含量을 可及的 줄이어야 하고 어떤 增遇周圍環境條件에도 影響을 받게 된다. 土壤中이나 鹽分이 多少 있는 水中에서 陽極自體

의 腐蝕이 增加하여 相對的으로 效率은 低下된다. 때문에 陽極周圍에 特別한 Backfill 措置를 하여 電流의 發散을 容易하게 하고 效率로 增大시키고 있다.

溫度가 높은 個所, 例를 들어 冷却機器等에 使用하여 周圍溫度가 上昇할 境遇陽極의 自體腐蝕이 甚하여져 效率은 低下되므로 마그네슘陽極을 使用할 時는 30°C 보다 低溫의 鹽分量이 적은 45°C 水中과 보다 얇은 淨水中에 利用함이 適合하다. 海水中에 使用할 時는 壽命이 極히 短縮되므로 注意를 要한다.

亞鉛陽極의 效率은 94%, 알루미늄合金陽極의 境遇는 90% 程度이다.

2.2.3. 陽極의 發生電流

(1) 마그네슘合金陽極

마그네슘合金陽極의 發生電氣量은(硫酸銅電極을 基準으로 할 때 防蝕電位 -0.85V) 構造物에 連結하여 防蝕할 境遇 아래 表에 依하여 概略算出이 可能하다.

圓筒形마그네슘陽極	概略電流發生量(mA)
7.7kg(17lbs)	$\frac{18 \times 10^4}{\text{土壤比抵抗 } \Omega \cdot \text{cm}}$
10 kg(22lbs)	$\frac{19.5 \times 10^4}{\text{土壤比抵抗 } \Omega \cdot \text{cm}}$
14.5kg(32lbs)	$\frac{20.4 \times 10^4}{\text{土壤比抵抗 } \Omega \cdot \text{cm}}$
22.7kg(50lbs)	$\frac{20.4 \times 10^4}{\text{土壤比抵抗 } \Omega \cdot \text{cm}}$

註) 電流發生量은 表面積 및 陽極의 外形에도 많이 影響이 있음.

例로서 土壤比抵抗이 2000Ωcm 인 土壤中에 鐵構造物에 連結된 마그네슘陽極 7.7kg(17lb)의 境遇 銅 黃酸銅電極을 基準으로 鐵과 對地間電位를 -0.85V 로 維持시킬 때

$$\text{發生電流} = \frac{18 \times 10^4}{2,000}$$

=90milliamperes 가 된다.

마그네슘陽極은 普通 100~150mm(4~6in) 直徑의 圓筒式은 100mm(4in) 四角形으로 製作한다. 高抵抗地帶거나 暫定種인 多量電流의 發散이 要求되는 境遇는 막대형이나 리본形으로도 使用한다.

以上の 마그네슘陽極은 土地接觸抵抗의 減小 및 陽極自體의 腐蝕率이 均衡維持로 均一電流의

發散을 爲하여 gypsum/bentonite 의 Backfill 을 하여 使用하여야 한다.

(2) 亞鉛

亞鉛은 적은 負電位로 帶電되는 關係上, 發生電流는 마그네슘陽極에 比하여 적다. 때문에 亞鉛陽極은 40mm(1 1/2in) 程度의 두께로서 棒型이다. 平板型으로 製作하여 被防蝕體에 可能한 많은 電流供給이 되도록 하고 土壤中에서는 40mm 角型의 長棒型으로 하여 表面積을 넓히도록 하고 있다. 亞鉛陽極亦是 Gypsum/bentonite 로 Backfill 하여 使用한다. 亞鉛陽極은 構造物의 防蝕用으로 土壤比抵抗 1000Ω, cm 에 使用할 時約 50mA 의 電流를 發生시킬 수 있으며 大略아래 公式에 依하여 電流를 算出할 수 있다.

$$\text{發生電流(mA)} = \frac{50,000}{\text{土壤比抵抗 } \Omega \cdot \text{cm}}$$

海水中에서는 板狀으로 使用하는 것이 通例이며 710×100×40mm(28×4×1 1/2in)로서 重量 20.9 log(46LBS)의 陽極이 構造物에 對하여 約 400mA 의 防蝕電流를 發生시킬 수 있다.

(3) 알루미늄合金陽極

알루미늄 合金陽極의 發生電流는 規格에 따라 다음과 같은 數值를 보여주고 있다.

規 格	重 量		發生電流 (mA)
	kg	lbs	
5×21×13/8in (125×530×35mm) }	6.4	14	850
9×18×4in (230×460×100mm) }	26.8	59	1,060
9.8×0.6×9.6in (250×245×245mm) }	330	725	5,300

註: 發生電流는 陽極의 型과 表面積에 影響을 받는다. 通常海水의 比抵抗은 約 30Ωcm 로 하고 있다.

2.3 電氣防蝕工事(犧牲陽極方法)

2.3.1. 陽極의 設置

地下構造物의 防蝕用 陽極의 設置는 構造物의 與件에 따라 適當한 間隔으로 配置하여 陽極은 上方으로 設置하되 可能한 限 濕氣가 恒常有在하는 個所를 擇하는 것이 良好하다. 配管을 爲한 防蝕에서는 配管의 最下部와 같은 水準의 位置에 設置하는 것이 理想的이며 設置個所에는 地上에 適當한 標識을 하여 改補修에 對備하여 두

는 것이 좋다.

2.3.2 導線의 連結

陽極의 設置時는 陽極과 構造物間에 完全한 電氣的 導線의 連結이 必要하므로 뱀을 하거나 Thermit 熔接을 하는 境遇가 있고 이런 것이 不可能할 時는 突起部分等을 만들어 볼트로 조이거나 Band 等을 使用하여 電氣의 通電이 完全하도록 한다. 境遇에 따라서는 土壤埋沒用陽極을 製作時 芯線이나 鐵片을 引出하여 施工時 構造物間을 連結하는 方法도 採擇하고 있다. 通電의 圓滑을 基하기 爲하여 熔接이나 連結部位는 事前에 清潔히 닦아야 하고 電線의 連結이 完了되면 그 個所의 絕緣을 爲하여 Pitch 式은 Plastic tape 等으로 감아야 한다. 連結用 導線은 埋設할 깊이나 位置를 생각하여 多少의 餘分을 두어야 하고 掘土時의 損傷에 對備하여 Plastic 板이나 水泥板 等으로 覆蓋함이 좋다.

海水中的 構造物에 防蝕을 爲한 陽極設置는 Bracket 를 利用한 볼트의 使用 或은 水中熔接方法을 使用하고 있으며 均一한 電流의 分布가 不可避하여 懸垂型으로 할 境遇에는 電線外에 強鐵撚線等으로 補強하여 設置한다.

導線의 굵기는 電流의 흐름을 圓滑히 하기 위하여 適當한 크기의 것을 擇하여야 하고 機械的 強度도 考慮하여야 한다.

熔接이나 볼트를 使用하는 Bracket 設置方法의 境遇交換이 容易하도록 할 것에 留意하여야 한다. 例로서 船舶의 外板이나 탱크 內部等의 防蝕을 들 수 있다.

2.3.3 電流測定函

地下埋沒構造物에 電氣防蝕工事を 施行하였을 境遇 構造物이 適切한 防蝕이 進行되고 있는지의 與否를 알 수 있기 爲하여는 全般的이거나 一定한 區間마다 防蝕電位를 測定할 수 있는 電流測定函을 必要로 하게 된다. 이 電流測定函은 陽極의 設置個所上部에서 直接引出하여 케이블의 連結이나 電流의 測定이 可能하도록 TERMINAL 이 設置되어야 하고 現場의 條件에 맞도록 埋沒되어야 하며 交通의 妨害나 容易하며 埋沒되지 않는 位置를 擇하여야 한다. 기둥이나 他構造物에 依支하여 測定函을 設置할 時는 配管施工을 하여 電線의 損傷이 없도록 하여야 하고 防水處理

여야 한다.

가 잘 되도록하여 恒時測定에 支障이 없도록 하

2.3.4 Backfilling

地下構造物의 電氣防蝕을 爲하여 使用되는 마그네슘陽極은 必히 Bentonite/Gypsum 으로 Backfill 하여 使用하여야 한다. 어떤 境遇에는 工場에서 直接 Backfill 하여 生産하기도 한다. Backfill 을 함으로서 陽極의 消耗를 均一하게 할 수 있고 接觸抵抗을 줄일 수 있어 좀 더 많은 電流의 發散이 可能하게 된다.

特殊한 例로서 鹽分이 많이 含有된 土壤으로 非抵抗이 $500\Omega\text{cm}$ 以下인 境遇에는 Backfill 할 必要는 없겠으나 陽極의 消耗가 急激하므로 注意를 要한다.

2.3.5 陽極의 配置

水中構造物에 陽極을 配置할 境遇陽極의 個數에 따라 ZigZag 로 하여 電流의 分布를 高르게 되도록 하여야 한다. 이러한 陽極은 Bracket 를 添附하여 볼트나 熔接으로서 構造物에 附着시키며 懸垂型으로 할 境遇는 強撚線을 利用하고 境遇에 따라서는 構造物에 沿하여 海底에 配列하여 設置한다.

配管電氣防蝕을 爲한 陽極의 設置間隔은 實際에 있어 每 3M(10ft)에서 每 1km 까지의 距離에 이르는 境遇도 있다. 例를 들면 比抵抗 $2000\Omega\text{cm}$ 인 土壤中에 直徑 12inch 의 配管에 電氣防蝕을 爲하여 7.7kg(17lb)의 마그네슘陽極을 使用할 時 發生電流는 90mA 로서 (前項의 2.2.3 參照)計算하여 보면

配管에 所要되는 電流密度는 約 $30\text{mA}/\text{M}^2$ ($3\text{Am}/\text{ft}^2$)가 되므로 裸管일 境遇 이 陽極은 3m^2 (30ft^2)를 防蝕할 수 있다. 換言하면 12inch 裸配管 3m(10ft)를 防蝕할 수 있음을 意味한다. 만일 同一規格의 配管으로서 塗裝이 良好하여 1%의 損傷率만 考慮한다면 $100 \times 3\text{m}(10\text{ft}) = 300\text{m}$ (1,000ft) 이런 例示는 가장 理想的인 配管에서 假想할 수 있는 것이며 實際에서는 約 3-4.5m (10-15ft) 配置를 必要로 하고 있다. 犧牲陽極防蝕法을 擇할 境遇陽極의 設置以前에 構造物에 沿한 土壤의 比抵抗이 測定되어야 하겠으며 多少 間隔은 不均一할지라도 比抵抗이 낮은 個所에 埋設하는 것이 良好한 結果를 얻을 수 있다.

3. 外部電源方法

3.1 概要

外部電源方法이란 犧牲陽極方法의 局部電池現象으로 發生하는 直流電流의 對流을 外部에서 電流을 供給代替하는 것을 말한다. 萬一 土壤中的 配管에 外部電源方式의 電氣防蝕法을 適用한다면 適用한 離隔距離를 두어 陽極群을 形成한 Ground bed를 設置하여 直流回路의 陽極(+)을 連結하고 被防蝕體인 鐵構造物인 配管에 陰極(-)을 接續하게 된다. 그림 3.1에 보여주는 바와같이 몇개의 埋設陽極 한 電源으로부터 電流을 供給하여 土壤을 通하고 配管에 依하여 回路가 成立되므로써 防蝕이 이루어진다.

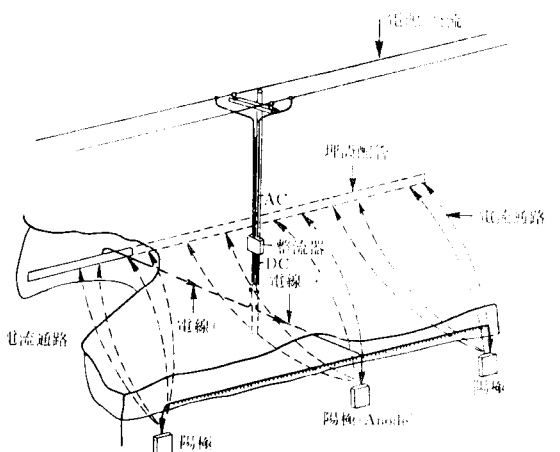


그림 3.1 外部電源防蝕의 原理

3.2 電流의 供給

3.2.1 電源

陰極이 되는 鐵構造物 卽 配管과 陽極이 되는 Ground bed의 Anode群 사이에 適切한 電壓, 電流로서 電氣를 供給하여야 한다. 通常電源으로서는 Motor-generator나 整流器等을 使用한다.

3.2.2 整流器(Transformer-rectifiers)

整流器는 交流로서 供給하게 됨으로 信賴性이나 故障의 면에서 볼 때 直流로 變換하는 部品는 回轉機械가 아닌 固定型이 理想的이다. Sele-

nium이나 Silicon 整流器를 많이 使用하고 一次側은 單相 或은 三相交流를 使用하며 可能的限 Ripple을 줄이어야 한다. 二次側 直流電壓은 여러 種類의 電壓에 使用可能토록 하고 防蝕電位의 圓滑한 撰定이 可能하도록 Fine 및 Coarse의 Tap을 두어 製作하는 것이 理想的이다. 但防蝕電位만을 考慮하여 整流器의 直流電壓을 無限上昇시킬 수는 없으며 電氣供給規程도 嚴守하여 調整하여야 한다. 海水中の 鐵構造物防蝕用 整流器는 24V程度이면 使用可能하며 12V에서도 充分히 作動할 수 있다.

3.2.3 電線

電氣防蝕에 使用되는 電線은 通常 PVC 或은 Polyethylene 電線을 많이 利用하고 있으나 特殊한 個所에 使用할 境遇에는 特殊防炎, 耐蝕 或은 耐酸性의 것을 選擇使用하여야 한다. 電線 굵기의 選定은 電壓降下 및 電流容量에 따라 決定하되 機械的 強度도 考慮하여야 한다. 使用電線 굵기의 概略值를 다음 表에 例示한다.

電流 (A)	銅線斷面積		電壓降下 $\times 10^{-4} \text{V/A}$	
	mm ²	in ²	M當	ft當
0~1	1.0	0.0015 to 0.002	170.00	61.0 to 41.0
1~5	4(AWG No. 12)	0.005	42.50	16.24
5~10	10(AWG No. 7)	0.01	17.00	8.13
10~25	16(AWG No. 5)	0.02	10.60	4.06
25~50	25(AWG No. 3)	0.04	6.80	2.03
50~100	50(AWG No. 0)	0.06	3.40	1.36
100~150	70(AWG No. 00)	0.10	2.73	0.81
150~250	150	0.20	1.14	0.41
250~400	240	0.30	0.71	0.27

3.3 外部電源蝕用 陽極의 材質

3.3.1 防蝕用 陽極

Ground-bed의 陽極群에 使用되는 陽極은 電流를 放出하여야 하므로 結果的으로 消耗率이 적어야 하고 壽命이 길어 經濟性이 있어야 한다.

陽極用材料로서는 炭素鋼片, 鑄鐵鋼片, 黑鉛塊 및 特殊合金材가 使用되며 普遍的으로 使用

되는 陽極材의 消耗率은 아래와 같다.

材 料	消 耗 率	
	kg/A	lb/A
炭 素 鋼	6.5~9	15~20
鑄 鐵 鋼	1~9	2~20
黑 鉛	約 1	約 2

3.2.4 外部電源陽極

(1) 鐵陽極

炭素鋼은 널리 사용되는 材料이므로 廉價로 製作이 容易하며 防蝕用으로 使用할 境遇 構造物에 均一하고 一定한 電流의 供給이 可能하다. 그러나 이러한 鐵電極은 形狀이 比較的 가늘고 길게 製作되어 土壤中에 埋設될 때 水平이거나 垂直이거나 間에 若干의 比抵抗이 다른 層에 存在하게 되어 抵抗이 낮은 部分의 消耗가 急激하여져서 Ground bed의 한 部分만이 남거나 所用없이 되어버리므로 Coke-breeze로 backfill하여 土壤中の 接觸抵抗을 減少시키고 壽命도 延長시킬 수 있다.

(2) 鑄鐵電極

鑄鐵電極도 土壤中에 埋設될 境遇 比抵抗의 差異가 있는 層에 接觸되므로 外部의 鐵分이 甚하게 腐蝕되어 脫落되지만 外廓을 이루었던 黑鉛이 殘存하여 陽極으로서의 役割을 持續시킬 수 있다.

(3) 高珪素鐵陽極

鐵電極中에서 가장 優秀하게 選定할 수 있는 電極이 高珪素鐵電極으로서 13% 程度의 珪素를 含有한 鑄鐵이 消耗率 0.5kg/A를 보여준다. 이 電極은 高價이나 極히 劣린 缺點을 지니고 있어 注意를 要하나 炭素成分의 Backfill을 하여 大型 Ground bed에 많이 使用하고 있다.

(4) 黑鉛電極

黑鉛電極은 消耗率이 尠少하여 優秀하나 鐵電極에 比하여 高價이므로 頻繁히 交替하지 않는 個所의 使用에 適合하다. 따라서 高珪素鐵電極과 黑鉛電極의 選擇使用은 使用場所와 條件에 따라 決定하여야 한다.

黑鉛陽極은 왁스나 合成樹脂를 含有시켜 黑鉛의 離散 및 脫落을 抑制하고 있으며 圓筒形으로

製作하여 많이 利用하고 있으나 造形이 容易하므로 다른 形態로도 많이 生産할 수 있다. 電線의 接續이 容易하도록 造形時 Lead를 附着시킬 必要가 있으며 規格은 一般적으로 65mmDia×0.75m(21/2inDia×30in)에서 0.15mDia×1.8M(6inDia×72in)에 이르는 크기로 하고 있다.

土壤中에 使用하는 境遇, 왁스含有黑鉛電極을 많이 使用하고 Backfill로서는 炭素成分粉末型을 하는 것이 效果의이다. 이런 Backfill로서 하면 發生電流密度는 約 11A/M²(1A/ft²)를 維持시킬 수 있다. 海水中에 使用할 境遇에는 合成樹脂含有黑鉛電極이 많이 利用되며 發生電流密度는 역시 11A/M²(1A/ft²)으로 할 수 있다. 淨水나 濁水中에 使用할 때는 合成樹脂黑鉛電極이 역시 優秀하며 이 境遇에는 淨水中에서 2.7A/M²(0.25A/ft²)의 電流密度를 超過하지 않아야하고 濁水中에서는 5.4A/M²(0.5A/ft²)를 超過하면 안 된다. 이 程度의 電流密度下에서는 黑鉛의 消耗가 極히 적으나 이 數値를 超過할 境遇에는 黑鉛電流의 表面上에 가스發生으로 甚히 劣化되어 急激한 消耗를 가져온다. 黑鉛電極의 初期發生電流는 卽 初期防蝕을 爲한 分極電流의 所要로 多少 높다 하여도 곧 安定狀態가 되면 電極에 큰 損傷은 주지 않는다.

黑鉛含有各種電極은 여린 關係上 運搬, 貯藏, 및 設置等取扱에 相當한 注意를 要한다. 故로 圓筒狀의 黑鉛電極을 現場의 施工을 爲하여 運搬하거나 設置時의 便宜를 考慮하여 鐵板筒 속에 內藏하고 그 속 空間은 Backfill하여 使用한다.

(5) 鉛銀電極

鉛을 主로한 合金으로서(銀 1%, 안티모니 6% 程度) 海水中에 主로 使用한다. 電流密度는 108A/M², 年 消耗率 約 85g/A(3oz/A)이다. 이 合金은 良好한 特性으로서 各種의 型이나 貌樣으로 製作이 可能하다.

(6) Pt-Ti (Platinized titanium) 電極

鹽分이 含有되었거나 海水中에 大電流를 所要로 하는 防蝕에 利用되는 가장 性能이 優秀한 電極으로서 Pt-Ti 電極을 들 수 있다. 그러나 이 電極은 土壤이나 海底土에 利用함은 바람직 하지 못하다. Titanium 自體는 電氣抵抗이 높은 附着性酸化物的 層을 急激히 形成하는 特性이

있다. 이 酸化物의 層은 金屬의 腐蝕을 抑制하고 白金에 對하여는 單純히 不活性으로만 作用하여 白金自體에 對하여는 密度가 높은 電流를 放出할 수 있게 하는 役割을 한다. Pt-Ti 電極은 이러한 優秀한 金屬特性을 가지고 있어 製作費는 高價이나 長期的인 壽命이 이를 補償할 수 있다. 電流制限密度는 極히 높아 540A/M²(50A/ft²)에 이르나 作動電壓은 比較的 低여서 通常 8-10V 程度가 最大가 된다.

다른 使用上의 缺陷으로서는 供給電流의 變動이 있을 境遇白金層의 離脫이 容易하게 되므로 電源供給用整流器의 特性에 留意하여 製作하여야 하며 Ripple은 必히 5% 以內로 制限하여야 한다 때문에 整流器의 製作時 單相用으로는 整流波型이 不良하게 되므로 三相用으로 하는 便이 有利하다.

電流密度, 印加電壓, Ripple의 制限値等良好한 使用條件下에서 2.5microns(0.0001in) 白金層을 가진 Pt-Ti 電極의 壽命은 10年程度로 볼 수 있다.

4. 犧牲陽極方法과 外部電源方法의 比較

電氣防蝕에서 電鐵이나 直流電源에 依한 地中 漏泄電流로 惹起된 腐蝕을 除外하고 電蝕防止를 爲하여 擇할 수 있는 通常의 方法은 犧牲陽極方法 및 外部電源方法의 豫防法을 들 수 있으며 長短點은 概略 다음과 같다.

4.1 犧牲陽極方法

(長點)

- (1) 小規模의 施設이나 微量防蝕電流로 防蝕이 可能한 多數로 分散된 對象物에 適合함 (例 pump 등)
- (2) 電源이 없는 地域이나 移動하는 機器에 適當함.
- (3) 施工이 容易하고 簡便함.
- (4) 施工後의 維持補修管理가 거의 不必要함

(短點)

- (1) 陽極에서 發生되는 電流 및 電壓의 調整이 不可能함.
- (2) 大型構造物에는 陽極의 附着量을 多量으

로 하여야 하고 小型으로 할 境遇는 數量이 增加하게 되므로 複水器等과 같이 水質의 흐름이 있을 때에는 妨害를 받을 수 있다. 特히 海岸에서 海水의 汚染地域에서는 많은 陽極의 量을 必要로 하게 됨.

- (3) 腐蝕의 要因이 많을 境遇에는 效果가 減少됨.
- (4) 防蝕效果範圍가 廣範圍하지 못함.

4.2 外部電源方法

(長點)

- (1) 防蝕을 爲하여 供給하는 電壓 및 電流의 調整이 可能하므로 季節에 따른 電解質媒體의 溫度條件의 變化에도 適應시켜 利用할 수 있음.
- (2) 高抵抗의 環境과 甚한 惡條件下에서도 效果를 期待할 수 있음. 卽 汚染海水地域이나 SLIME의 含有地域에도 利用이 可能함.
- (3) 不溶性電極의 利用으로 長期間 使用할 수 있음.
- (4) 大電流를 必要로 하는 境遇使用可能하고 오히려 經濟的일 수 있음.
- (5) 恒時被防蝕體에 對한 防蝕與否를 알 수 있음.
- (6) 初期投資는 比較的 크나 維持補修費는 低廉함.
- (7) 流速이 있는 機器內에서는 數量을 少量으로 할 수 있으므로 流速에 거의 影響을 미치지 않음.

(短點)

- (1) 初期投資費가 많이 必要함.
- (2) 運用に 技術的 熟練을 必要로 함.
- (3) 維持補修에 恒常 有念하여야 하고 運營費用을 必要로 함.
- (4) 他 施設物에 電氣의 影響을 주는 境遇도 發生할 수 있음.

5. 排流法

5.1 漏泄電流에 依한 電蝕

電氣를 使用하여 運行되는 電鐵의 軌道에서

漏泄된 電流는 相當히 廣範圍한 地域의 地中에 擴散됨으로 그 地域地下에 金屬管路가 布設되어 있으면 管路는 電氣的 抵抗이 작으므로 管路에 沿하여 漏泄電流가 集中되었다가 電源側으로 流出되는 地點에서는 極甚한 電蝕을 이룰 수 있다. 이것이 地中漏泄電流에 依한 代表的인 電蝕이라 할 수 있고 그 特徵은 埋設配管의 電住 및 電鐵 運行狀況의 電流狀態에 依據時時刻刻의 變動을 超來하게 된다. 그러나 通常 電鐵의 運行時間은 一日中 一定期間運行되므로 어떤 地點에 있어서의 하루 晝夜間의 平均値는 一定한 것으로 看做할 수 있다.

로 看做할 수 있다.

5.2 排流法

電鐵의 運行으로 惹起되는 電蝕의 抑制를 爲하여 配管에서 流出되는 漏泄電流의 通路를 直接軌道를 通하여 歸還시키는 方法으로 軌道와 配管을 電氣的으로 連結하는 것을 排流法이라 한다. 排流法에는 接續回路의 形態에 依하여 直接排流法, 選擇排流法 및 強制排流法의 3種類로 區分하고 있으며 概略回路를 그림 5.2에 例示한다.

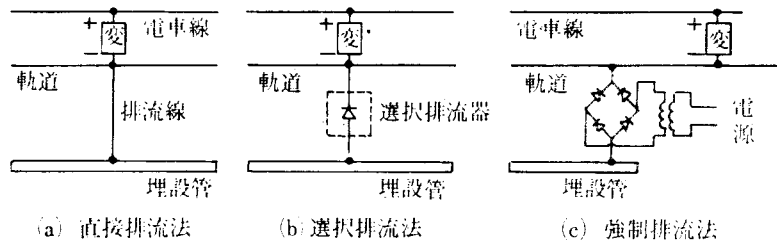


그림 5.2 排流法의 種類

(1) 直接排流法

埋設管과 變電所의 (-) 端子 或은 軌道를 直接道線으로 連結하는 方法이며 (그림 5.2(a))이 方式은 極히 簡便하고 施設備가 低廉하나 變電所는 單只一個所로서 電鐵側으로부터 埋設管에 流入하는 電流(逆流라고 稱함)가 없을 境遇에 限하여 使用可能함으로 實際에 있어서 適用되는 機會는 거의 없다.

(2) 選擇排流法

直流排流를 할 境遇 電車負荷의 變動, 變電所의 負荷分擔의 變動等의 影響으로 埋設管이 歸線(軌道)에 對하여 負電位가 되어 逆流가 흐를 機會가 생기는 것이 普通이다. 따라서 이 逆流를 阻止시키고 單只正方向으로만 電流를 흐르게 할 必要가 있어 排流線에 半導體整流器, 逆電壓繼電器等을 利用하여 逆流防止裝置를 設置하지 않으면 안된다. 이러한 裝置를 選擇排流器라 稱하며 이런 方法을 選擇法이라 한다.(그림 5.2 圖 (b))

(3) 強制排流法

埋設管과 歸線을 接續하는 回路에 直流電源을 挿入하여 排流를 促進하는 方法을 強制排法이라 稱한다.(그림 5.2 圖 (c)) 이 方法은 接地陽極

으로서 軌道를 使用하는 外部電源方式의 陰極防蝕法으로도 看做할 수 있겠으나 軌道の 電位는 大幅으로 變化하므로 逆流를 防止시킬 수 있는 回路로 할 必要가 있어 他 排流方式과 共通의 問題點이 있으므로 排流法의 一種으로 取扱하고 있다.

5.3 選擇排流法

電鐵이 發達된 先進國의 境遇 不可避한 몇 個所의 強制排流法을 除外하면 大部分은 選擇排流法을 擇하여 實用化하고 있다. 따라서 가장 많이 發展되고 있는 選擇排流器의 具備條件을 보면

(I) 選擇排流器의 條件

- (가) 歸線과 埋設管間에 加하여지는 廣範圍한 電壓에 對하여 選擇排流動작이 確實할 것
- (나) 歸線과 埋設管間의 急激한 電壓變化에 對하여 充分히 探索作動되어야 할 것
- (다) 正方向의 電氣抵抗이 적어야 하고, 逆方向의 耐電壓이 커서 逆電流가 적도록 할 것
- (라) 耐久性이 優秀하여 故障이 없어야 하므로 半導體式에서는 SURGE 保護裝置를 하고, 繼電器方式에서는 電氣接點의 ARC에 對하여 充分히 견딜 수 있는 構造라야 함.

(마) 現場環境條件에 適合하여야 하고 輸送途 中劣化되지 않는 構造라야 함.

(바) 維持補修에 容易하여야 하므로 排流器의 回路 및 動作이 簡單하여 點檢이나 修理에 便利하여야 함.

(사) 異常電流에 依한 排流器 및 埋設管의 損傷을 防止하기 爲하여 自動遮斷器等을 設置하여 保護에 留意하여야 함.

(2) 選擇排流器의 種類

現在 使用되고 있는 選擇排流器는 繼電方式 및

半導體式으로 大別할 수 있으며 近來는 良好한 SILICON 素材의 開發로 이를 使用한 半導體方式이 主宗을 이루고 있으며 過防蝕對策으로서는 排流電流를 自動制御하는 方法도 採擇되고 있다

(3) 半導體式選擇排流器

半導體式選擇排流器는 機械的 作動部分이 없으므로 補修가 容易하고 逆流가 적으나 繼電方式에 比하여 低電壓에서는 排流電流가 흐르지 않는 缺點이 있다. SILICON 및 SELENIUM 排流器의 主要性能을 5.3 表에 表示한다.

〈表 5.3〉 半導體排流器의 主要性能

種 別 項 目	SELEN 排流器(60A)		SILICON 排流器	
	直列結線 (80φ, 2S-30P)	並列結線 (80φ, 1S-60P)	150A	300A
排 流 電 流	連 續 30A 1分間 75A	連 續 60A 1分間 150A	連 續 150A 20秒間 300A	連 續 300A 20秒間 600A
電 壓 降 下	30A에 對하여 2V 以下 15A에 對하여 1.6V 以下	60A에 對하여 1V 以下 30A에 對하여 0.8V 以下	150A에 對하여 1.2V 以下	300A에 對하여 1.2V 以下
逆 耐 電 壓	連 續 40V 1分間 60V	連 續 20V 1分間 30V	尖頭逆耐電壓 600V	
逆 電 流	60V에 對하여 1.5A 以下	30V에 對하여 3.0A 以下	65V에 對하여 200V	10mA 以下 40mA 以下
溫 度 上 昇	連續 30A에 對하여 30°C 以下	連續 60A에 對하여 30°C 以下	連續 150A에 對하여 95°C 以下	連續 300A에 對하여 95°C 以下
FUSE	30A 2個	60A	高速度 表示用 200A 5A	高速度 表示用 400A 5A

從來에는 半導體로서 SELENIUM 이 使用되어 왔으나 近來에는 整流特性이 優秀한 SILICON 이 大部分 利用되고 있는 反面 SILICON 半導體는 異常 SURGE 및 逆電流에 弱한 缺點을 가지고 있으므로 그 對策으로서 SILICON 排流器에는 異常 SURGE 를 吸收할 수 있는 C-R 回路를 取付하고 遮斷器에는 高速度 FUSE 等を 內包시킨다. 또한 SILICON 半導體를 並列로 連結 使用할 境遇는 그 平衡性에 特히 留意하여야 한다. 排流電流를 制限하는 回路에 抵抗을 挿入하는 것이 通例이나 이 方法에 依하면 排流電流는 比例減衰됨으로 埋設管과 軌道의 電位差가 적을 境遇는 排流效果도 따라서 減少하게 된다. 이 缺點을 補完하여 排流電流가 過大할 境遇에 限하여 이것을 制限할 수 있는 自動制御式의 選擇排

流器가 開發되어 使用되고 있다. 現在開發된 自動排流器에는 SILICON 半導體 代身에 Thyristor 或은 Transistor 를 使用하는 方法이거나 SILICON 半導體에 抵抗을 附加하여 自動적으로 切替가 可能한 回路를 採擇한 境遇도 있다.

(4) 繼電式排流器

繼電排流器는 低電壓에도 排流電流가 흐를 수 있는 長點을 가지고 있으나 機械的인 動作部分이 있는 關係上 接點의 磨耗및酸化에 依한 劣化로 故障이 頻繁하게 되는 缺點이 있으므로 新規로 設置되는 例는 거의 없다.

5.4 強制排流法

強制排流法은 埋設管과 軌道를 連結하는 回路에 直流電源을 挿入하여 排流를 促進하는 方法

으로 軌道가 接地陽極의 役割을 擔當하게 된다. 이 排流方法에 있어 軌道는 全體接地抵抗은 낮으나 單位長當接抵抗은 높은 關係上 接地陽極으로서는 理想的이라고 생각할 수 있다. 따라서 軌道對地電壓의 負值가 너무 크지 않으므로서 選擇排流法으로는 防蝕效果를 크게 期待할 수 없는 地域의 防蝕方法으로 擇하고 있다. 卽軌道의 對地電壓의 正值가 크고 軌道附近에서 埋設管에 流入하는 電流가 遠距離地域의 埋設管으로부터 流出하여 그 個所에 電蝕을 惹起시키는(以下 B形電蝕이라 稱함) 것을 防止하는 方法을 意味하며 이 境遇軌道가 埋設管보다 電位가 높으므로서 通常의 排流는 不可能하다.

이 方法은 埋設管에 對하여 過防蝕이라는 概念을 除外하면 相當히 有利한 方法이 되겠으나 電鐵軌道를 接地陽極으로 하게 되므로 電鐵施設物等에 끼치는 影響을 考慮할 必要가 있으며 이 方法을 濫用할 境遇 他의 埋設管에도 惡影響을 주게 된다. 따라서 이 方法을 採擇할 境遇에는 周圍環境의 與件을 잘 考慮하고 事前排流電流量을 檢討하여 可能한 限最少值로 하지 않으면 안된다.

(1) 原理 및 特徵

強制排流法은 外部電源方式의 原理와 同樣으로 埋設管의 電位를 低下시켜서 防蝕하는 方法이 되겠으나 이 方法을 採擇할 境遇 軌道對地電壓의 (+)側 歸線에 排流하는 것으로서 埋設管의 狀態의 變化는 그림 5.4와 같이 된다. (a) 圖에 보여주는 바와같이 排流前에는 路管의 左側部分에 B形電蝕이 惹起되고 이 電蝕을 防止하기 爲하여 強制排流를 施行하면 (b)의 狀態로 되어 B形電蝕은 解消되지만 電鐵附近의 埋設管의 對地電位는 排流前보다 (-)로 되어 過防蝕狀態로 되기 容易하다.

強制排流器의 出力電壓은 軌道와 埋設管間의 電壓보다 높을 必要가 있으며 實際 電鐵運行에 따른 軌道對地電壓은 急激한 變化를 나타나게 되므로 여기에 對應할 수 있는 出力의 變化에 對應할 수 있어야 理想的이라 할 수 있다. 또한 B形電蝕의 境遇 電蝕電位의 發生하는 場所가 排流器를 設置한 電鐵의 位置로부터 遠距離가 되어 그 電位에 依한 出力을 調整한다는 것은 困難하게 된다. 따라서 次善의 方法으로서 軌道의

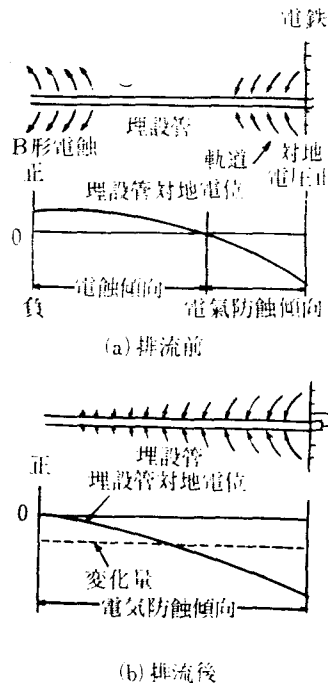


그림 5.4 強制排流法에 依한 電蝕防止

對地電壓의 變動에는 關係없이 一定電流를 흐르게 할 수 있는 定電流方式이 一般的으로 採用되고 있다.

強制排流法의 特徵과 缺點을 選擇排流法 및 外部電源方式과 比較하면 表 5.5와 같다.

<表 5.5> 選擇排流法, 外部電源方式 強制排流法의 比較

	選擇排流法	外部電源方式	強制排流法
電 源	不 必要	必 要	必 要
電 源 電 壓	—	主로 陽極接地抵抗에 左右됨.	主로 軌道電壓에 左右됨
陽 極	不 必要(電鐵軌道)	必 要	不——(電鐵軌道)
電 流 調 整	不 可能(단지 적게 할 수 있음)	可 能	可 能
費 用	小	大	中
他埋設管에 對한 干涉	—	—	—
陰極作用	有	有	有
陽極作用	無	有	無
電鐵對影響	小	無	有

(2) 強制排流의 問題點

強制排流法을 採擇할 境遇埋設管側의 問題點은 前述한 것과 같이 過防蝕의 憂慮가 있으며

電鐵側에는 다음의 諸問題가 惹起된다.

(a) 信號軌道回路에 미치는 影響

強制排流法에서는 電源裝置를 必要하게 되므로 選擇排流法에서 注意하는 事項以外에 排流電流의 波形이 問題로서 擡頭하게 된다. 直流運轉區間의 信號用軌道回路의 電源에는 交流가 使用되고 있는 關係上 排流電流의 交流分이 含有되면 信號가 誤動作할 危險이 있다. 蓄電池電源과 같이 平滑한 電流를 供給할 수 있는 電源의 境遇는 問題가 없으나, 整流波, 特히 Thyristor 를 使用한 境遇는 이 對策으로서 平滑回路를 必要로 하게 된다.

(b) 軌道電壓의 上昇과 軌道の 電蝕

軌道에 排流하면 그 點을 中心으로 하여 軌道電位는 上昇하게 된다. 이 現象은 選擇排流에서도 同一하나 排流時의 排流點의 軌道對地電壓은 (-)로서 그 (-)值는 작게 된다. 軌道電壓의 上昇은 軌道 및 軌道材料의 電蝕을 促進하게 되며 그 程度는 平均軌道對地電壓의 上昇值로부터 推定이 可能하다. 卽 軌道對地電壓의 上昇分 ΔV 는 次式으로 求할 수 있다.

$$\Delta V = I \cdot K \sqrt{r \cdot \omega}$$

但, I : 排流電流[A], r : 軌道導體抵抗[Ω], ω : 軌道對地漏池抵抗[Ω -km], K : 軌道係數 線路가 前後로 延長되어 있을 境遇 1/2, 複線의 境遇는 더욱 적어짐.

5.5 設計施工

排流接續을 施工하면 電鐵歸線으로부터 漏泄電流를 增加시켜 그 附近의 他埋設管의 電蝕을 促進하는 境遇가 發生하게 된다. 이 現象을 干涉이라고 하며 어느 程度의 電蝕이 發生促進되는가는 推定하기가 困難하다. 따라서 他埋設管에 影響을 줄 憂慮가 있을 境遇는 現場調査를 徹底히 施行하여 對備하지 않으면 안된다.

(1) 排流場所의 選定

排流施設의 設置場所는 排流效果가 가장 큰 地點 卽 埋設管의 電位가 電鐵歸線에 對하여 (+) 電位가 되는 値가 크고 그 時間이 長期間인 個所가 가장 良好하다. 電鐵變電所의 位置, 埋設管의 徑路等으로 推定할 수 있겠으나 徑路와 埋設管間의 電壓은 複雜하게 되므로 豫備調査를 하

는 것이 實際로 必要하다. 豫備調査의 主要한 事項은 各地點에 있어서의 埋設體의 電位 및 軌道對地電位の 測定이 되겠으나, 調査에 있어 調査當日의 電鐵側의 負荷 및 變電所의 運用이 通常의 運行과 差異有無를 確認할 必要가 있다.

(2) 電流容量의 決定

豫備調査에 依하여 排流施設의 設置場所가 選定되면 假排流試驗을 行하여 排流電流의 크기를 調査함과 同時 排流效果를 確認하여야 한다. 排流電流의 크기는 次式으로 表示된다.

$$I = V / (R_1 + R_2 + R_3)$$

R_1 : 軌道の 接地抵抗

R_2 : 埋設體의 接地抵抗 ($R_2 = \frac{1}{2} \sqrt{r' \omega'}$)

R_3 : 排流線의 抵抗

V : 軌道와 埋設管間의 電壓(排流接續을 하지 않은 狀態)

또한 埋設管의 電位變化는 次式으로 表示된다.

$$v_x = v_0 e^{-ax}$$

$$v_0 = IR_2$$

v_x : 排流點으로부터 距離 x m 에 있는 管地點의 對地電位變化[V]

v_0 : 變化排流點에 있어서의 管의 對地電位變化[V]

따라서 配流電流의 大小는 반드시 防蝕效果의 判定基準은 되지 않으며 埋設管의 漏泄抵抗의 적은 個所에서 排流電流值가 커도 그 有效範圍는 比較的 적어지고 埋設管의 漏泄抵抗이 커지면 排流電流는 작아져도 有效範圍는 比較的 커지게 된다. 排流에 依한 埋設管의 電位變化는 上式의 各要因의 數值가 明白한 境遇 排流電流의 크기를 알 수 있으면 算出이 可能하여진다. 實際의 境遇土質은 一律의 均質이 아니고 埋設管의 配置도 複雜한 境遇가 많으므로 排流效果의 確認에는 埋設管電位の 測定이 必要하게 된다. 이 測定에 依하여 防蝕을 充分히 隨行할 수 없다고 判斷되면 假排流地點의 變更 或은 排流場所의 增加를 檢討하여 諸手段을 講究하여야 하며 이러한 措置에도 不拘하고 防蝕이 不可能할 時는 其他의 方法을 選定하여야 한다.

選擇排流器 및 排流線의 電流容量은 上記假配流試驗으로부터 決定하는 것이 通常이나 電鐵側의 負荷, 變電所運用의 變化 및 埋設管의 漏泄

抵抗의 減少를 考慮하여 容量에 充分한 餘裕가 있는 것으로 하지 않으면 안된다. 또한 時間帶에 있어서는 電鐵의 負荷만이 變化하는 外에 變電所의 給電區域이 變하는 境遇도 있다. 特히 給電區域變化에 依한 排流效果에 對한 影響은 大端하므로 排流施設의 設計에 있어서는 一晝夜의 變化를 明確히 하여 둘 必要가 있다.

(3) 排流法의 防蝕效果

埋設管을 低電位의 歸線에 接續하면 그 電位는 大地보다 낮아지므로 接續前의 埋設管電流量 뿐만 아니라 多量의 電流가 大地로부터 埋設管에 排流線을 通하여 流入하게 된다. 이 狀態는 選擇排流法의 境遇에서도 埋設管과 軌道間에 外部 電源을 插入하여 軌道를 陽極으로 하여 埋設管을 外部電源方式에 依하여 電氣防蝕한 狀態와 類似한 것으로서 一般의 土壤腐蝕도 防止된다. 그림 5.5에 排流接續에 依한 埋設管對地電位變化의 狀態를 表示한다. 防蝕效果의 影響을 받는 範圍는 埋設管이 周圍의 土壤에 對하여 (-)電位로 變化한 區域을 意味한다.

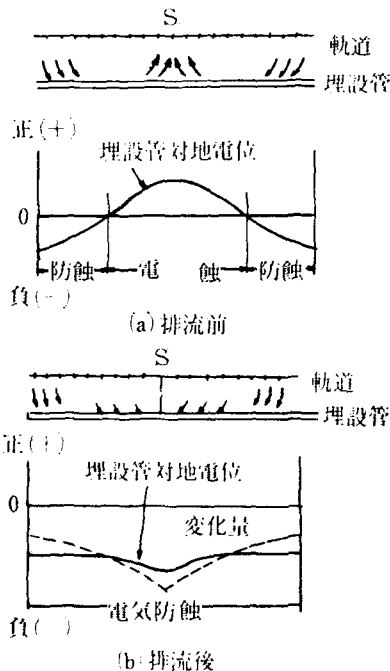


그림 5.5 選擇排流法의 防蝕效果

(4) 排流電流의 制限

排流電流가 過大하면 다음의 被害가 發生하므로 電流를 制限하여야 한다.

i) 埋設管의 塗覆裝을 破壞시킨다. 埋設管의 對地電位를 Calomel 電極을 基準으로 하여 -2.5V보다 더 (-)가 되면 그 塗覆裝을 破壞시킬 危險이 增大된다.

ii) 附近의 他埋設金屬體에 對한 干涉이 激增하게 된다.

iii) 鉛被에 對하여는 陰極腐蝕을 發生시킨다. 鉛은 알칼리性에 弱한 關係上 콘크리트管等に 넣은 鉛被케블은 너무 負(-)電位가 되면 周圍가 알칼리性이 되어 陰極腐蝕을 생기게 하는 危險이 있다. 亦是 알미늄被覆의 境遇에도 陰極腐蝕의 可能性이 있다.

iv) 鉛被의 溫度가 上昇한다. 鉛被에 큰 排流電流가 흘러 鉛被케블의 溫度가 上昇하면 鉛被의 機械的 性質을 劣化시킴과 同時 電力케블의 境遇는 送電容量을 減少시키며, 通信케블의 境遇는 傳送特性에 惡影響을 주게 되므로 그 溫度上昇이 80°C를 超過하지 않도록 注意하여야 한다.

v) 歸線의 電位分布에 큰 影響을 주어 他埋設管의 排流電流를 減少시킨다. 排流電流의 制限에는 排流回路에 直列抵抗을 連結하는 것이 通例이며 配流電流 I 를 I' 로 減少시키기 爲하여 連結하는 抵抗 R' 는 次式에 依하여 求할 수 있다.

$$R' = \left[\frac{I}{I'} - 1 \right] \times V / I$$

여기서 V 는 排流點에 있어 歸線과 埋設管間 電壓

(5) 排流器의 設置

排流器의 設置는 屋內가 바람직하나 實際로는 屋外에 設置되는 境遇가 大部分이다. 最近에는 屋外의 設置에 適合하게 設計되어 別問題는 없겠으나 特히 振動에 留意하여 CONCRETEPAD等 上部에 設置하면 其他問題는 考慮할 必要는 없겠으며 排流器의 金屬製外函은 第3種接地(100Ω以下)를 接地를 하여 安全을 基하여야 한다.

(6) 排流線의 施設工事

排流線의 施設에 對하여는 電氣設備技術基準令에 依據施行하여야 할 것이며 概略要旨는 다음과 같다.

i) 排流線의 架空式은 地中에 埋設하여 施設함.

ii) 架空으로 施設할 境遇는 危險이 없도록 施

設할 것.

(가) CABLE 을 利用할 境遇는 鋼帶外裝鉛被 CABLE, JUTE 卷鉛被 CABLE, 鉛被 CABLE, Chloroprene 外裝 CABLE, 或은 Vinyl 外裝 CABLE 을 使用하고 CABLE 은 第3種接地工事を 行한 斷面積 22mm² 以上の 亞鉛鍍金強燃線을 利用하여 架線하여야 함.

나) 排流器에 CABLE 以外的 것을 使用할 境遇는 直徑 4mm 의 硬銅線 或은 同等以上の 強度 및 굵기를 갖는 것을 使用하여야 함.

다) 排流線에는 排流電流를 安全하게 通過시킬 수 있는 容量의 것을 使用하여야 함.

라) 架空排流電線을 架空으로 할 時는 電氣設備技術基準令에 依한 地表上의 高度를 維持하여야 함.

마) 排流線에 Vinyl 絶緣電線或은 CABLE 을 使用할 時 排流線과 架空弱電流電線을 同一 支持物에 施設할 境遇는 排流線을 架空弱電流電線의 下部로 하고 架空弱電流電線과의 離隔距離는 30cm 以上이 되도록 함.

iii) 地中에 埋設하여 施設할 境遇는 다음과 같이 危險이 없도록 하여야 한다.

가) Vinyl 絶緣電線

一種 켈타이어케—블 以外的 켈타이어케—블, Chloroprene 外裝 CABLE 或은 Vinyl 外裝 CABLE 을 使用하여야 하고, 金屬被覆 CABLE 및 고무 絶緣電線의 使用은 禁하여야 함.

나) 排流線에는 排流電流를 安全하게 通過시킬 수 있는 容量의 것을 使用하여야 함.

다) 地中排流電線은 引込式, 暗渠式 或은 直接埋設式에 依據施設하여야 함.

라) 引込式 및 暗渠式으로 施設할 境遇는 堅固한 暗渠管式은 管路를 使用하여야 함.

마) 直接埋設式의 境遇 重量物의 壓力을 받을 危險이 있는 個所에는 埋設 깊이를 1.2m 以上, 其他의 個所에서는 60cm 以上으로 하여야 함.

바) 排流線의 立上部分에서 地表上 2.5M 未滿의 部分은 600V 고무 絶緣電線以上の 絶緣耐力이 있는 것을 使用하고 또한 사람의

往來와 接觸의 憂慮가 있는 個所에는 安全을 爲한 保護施設을 하여야 함.

排流線의 굵기는 排流電流의 容量에 따라 決定하여야 하며 選擇排流器의 連續定格電流에 合當하여야 하나 排流線이 長距離 및 軌道對地電位의 (-)值가 저을 境遇는 排流線에 依한 電壓降下를 考慮하여 充分한 굵기의 것을 使用하여야 한다.

(7) 排流線의 埋設管과의 接續

排流線과 埋設管의 接續點의 點檢은 排流線施設後에는 容易하지 않으므로 接續時에는 脫落이 發生하지 않도록 堅固하게 施工하여야 하고 排流效果를 低下시키지 않고 發熱을 防止하기 爲하여는 接續點의 電氣抵抗은 可能한 限 저게할 必要가 있다. 接續하는 方法으로서는 一般적으로 排流線을 直接金屬體에 熔接시키는 方法과 埋設管에 밴드를 채워 排流線을 熔接시키는 方法 등을 使用하고 있으며 近來에는 THERMO WELD 等の 瞬間熔接方法 등이 採擇되고 있다.

(8) 排流線의 電鐵軌線과의 接續

排流線을 歸線에 接續하는 位置는 電鐵의 Impedance bond, Cross bond, 變電所의 (-)極, (-)給電線 등이 될 수 있겠으나 通常 Impedance bond 의 中心點을 利用하는 境遇가 가장 많다. 여기서 單一軌道回路의 兩端에 排流器가 接續되면 軌道回路에 惡影響을 주게되므로 排流回路에 Choke 를 捕入시키거나 接續點을 移動시킬 必要가 생기게 된다.

(9) 共同排流

他の 埋設管에 對한 惡影響 卽干涉을 防止하기 爲하여 共同排流를 行하는 境遇가 있으나 電力 CABLE 과 他埋設管, 特別히 通信 CABLE 과 共同排流를 行하는 境遇에는 特別한 注意가 必要하다. 電力 CABLE 에 障害가 發生하면 異常電流, 異常電壓이 他の 埋設管에 波及하는 危險이 發生하기 때문이다. 따라서 電力 CABLE 과 共同排流를 할 必要가 있을 境遇에는 兩者間에 REACTOR 와 FUSE 를 넣어 電力 CABLE 로부터의 異常電流의 流入을 制限할 必要가 생기게 된다. 卽 電力 CABLE 과 通信 CABLE 이 共同排電을 必要로 할 境遇에는 關係機關等の 協議를 거쳐 施行하여야 할 것이다.