

地下의 鐵構造物에 對한 腐蝕概要

Corrosion of under ground steel structure

朴 相 國*
Park, Sang Kug

1. 概 要

地中には 가스管, 水道管, 送油管 等 各種 鐵管 및 通信케이블, 電力케이블 같은 電線類를 비롯하여 地下탱크, 鋼管파일, 其他 鐵構造物과 같이 많은 金屬體가 埋設되어 있음 이와 같이 地中에 埋設되어 있는 金屬體는 接하여 있는 土壤 或은 물과 같은 電解質中에서 電氣化學的作用에 依하여 腐蝕이 일어나고 있는 것은 周知의 事實이다. 이런 腐蝕을 一般的으로 自然腐蝕이라고 하며 가스管, 送油管, 電力케이블과 같이 長距離를 要하는 金屬體는 直流電氣鐵道の 레일로부터 流出되는 漏泄電流가 流入하였다가 다시 레일 側으로 復歸하는 方向으로 流出하는 地点에서 電氣分解作用이 發生하여 甚한 腐蝕을 이르기는데 이와 같은 現象을 一般的으로 電蝕이라고 한다.

埋設金屬의 電蝕現象은 大部分 金屬體의 局部에 集中되어 일어나므로 때에 따라서는 短期間에 구멍이 나서 損害나 危險을 誘發하는 境遇가 있어 安全上의 큰 問題로 되고 있다.

따라서 當然히 電蝕에 對한 防止對策이 一般의 境遇에도 必要하겠으나 近來에 와서는 特別히 電氣鐵도가 敷設되고 各種金屬施設物이 많이 埋設되는 都心 市街地域에서는 相互干涉까지 考慮하는 一括的인 防蝕對策을 樹立하여야 할 것이다.

여기서 腐蝕의 種類 및 形態를 概括적으로 要約하여 살펴 보기로 한다.

2. 腐蝕의 分類 및 腐蝕形態

2.1 腐蝕의 分類

埋設使用되고 있는 金屬材料의 分類를 2.1 圖에 表示한다. 腐蝕은 一般的으로 直流電氣鐵道나 電氣防蝕設備와 같은 人爲的인 電氣設備로부터 發生하는 浮動電流에 起因하는 것과 이런 要因없이 發生하는 自然狀態에서 생기는 自然腐蝕으로 大別할 수 있다.

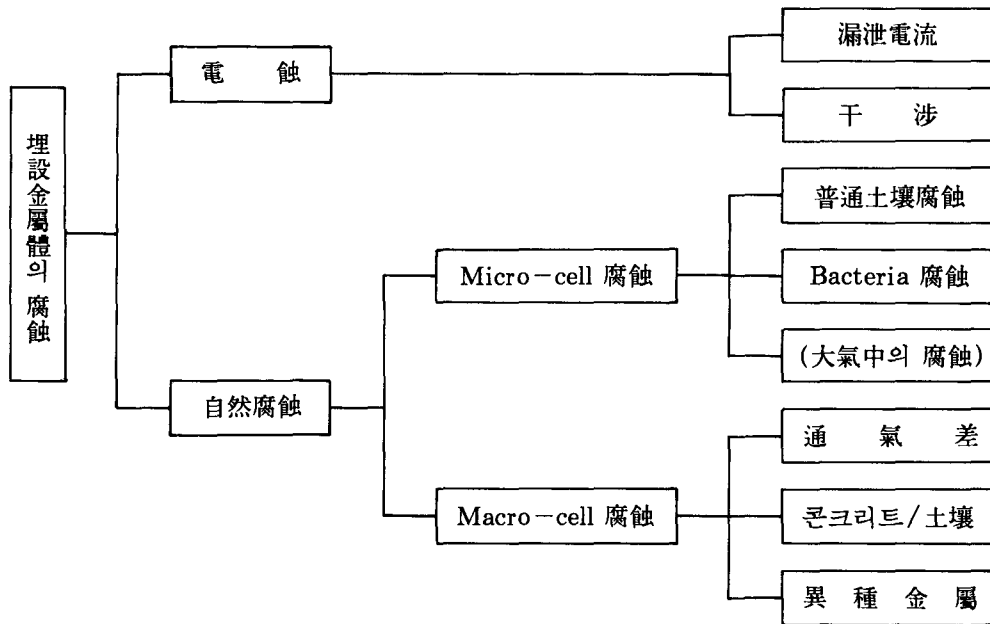
또 다시 電蝕은 電氣鐵道の 레일로부터 流出되는 電流에 依한 것과 他 埋設物의 電氣防蝕設備로부터의 干涉에 依한 것으로 分類할 수 있다.

自然腐蝕에는 普通 陽極部와 陰極部가 區別되지 않는 無數한 腐蝕電池가 形成되어 均一하게 腐蝕되는 Micro-cell 腐蝕과 陽極部와 陰極部가 明確하게 區分되는 Macro-cell 腐蝕으로 分類된다.

2.2 腐蝕의 形態

2.1項에서 分類된 項目을 基礎로 하여 各各의 腐蝕形態에 對하여 原理와 特徵을 說明키로 한다.

* 電氣(發送配電技術士)(株)三工社 專務理事



第 2.1 圖 埋設金屬의 腐蝕分類

(1) 電蝕

電蝕은 電氣鐵道나 防蝕設備(外部電源裝置, 排流器 等)와 같은 人爲的電氣設備로 부터 發生한 直流電流에 依하여 發生하는 腐蝕을 말한다.

電蝕은 이와 같이 人爲的直流電源에 起因하여 土壤中을 흐르는 直流電流의 一部分이 埋設金屬體를 通過하여 흐를 境遇 流入한 電流가 다시 土壤中으로 流出하는 部分에서 그 部分의 金屬을 電解하므로써 發生한다.

電蝕에는 直流電氣鐵道の 레일로부터 나오는 漏泄 電流에 依한 電蝕과 電氣防蝕設備의 防蝕電流에 따른 干涉에 依한 電蝕의 2가지 類型이 있다.

(i) 漏泄電流에 依한 電蝕

現在 電氣鐵道는 架空單線式方式을 採用하여 Rail을 電車電流의 歸線으로서 使用하므로써 Rail은 大地에 對하여 어느 程度 接地抵抗은 있으나 絶緣은 되어 있지 않으므로 Rail 中을 흐르는 電流의 一部分은 漏泄電流로서 地中을 흐르게 된다. 이 境遇 圖 2.2(a)와 같이 Rail에

平行하여 大規模의 埋設金屬體가 存在하면 이 漏泄電流는 埋設金屬體에 流入하여 電鐵變電所附近에서 流出하여 Rail에 復歸하게 된다. 電流의 流出個所에서는 Rail側이나 埋設金屬體側이나 共히 電蝕이 發生하고 反對로 電流의 流入個所에는 電氣防蝕이 된다.

圖 2.2(b)는 無限遠點의 大地의 電位를 基準으로 한 Rail 電位, 埋設金屬體所附近의 大地 電位 및 埋設金屬體의 電位이며 (c)는 埋設金屬體電位를 基準으로 한 Rail 對地電壓 및 埋設金屬體對地電位를 表示한다.

(d)는 大地에 흐르는 漏泄電流 및 埋設金屬體內部를 흐르는 電流를 나타내는 것으로서 兩者가 共히 같은 方向으로 흐른다. 그러나 여기서 電車負荷는 位置와 電流의 크기가 수시로 變하고 있으므로 實際의 Rail의 對地電壓은 複雜한 隨時變化를 나타내게 되고 여기 따른 電蝕發生狀況도 變化하게 된다.

埋設金屬體가 線路와 交叉 或은 接近하는 境遇의 電蝕은 圖 2.3과 같이 되어 Rail 對地電壓의 負(-)는 線路附近이고 正(+)은 線路로부

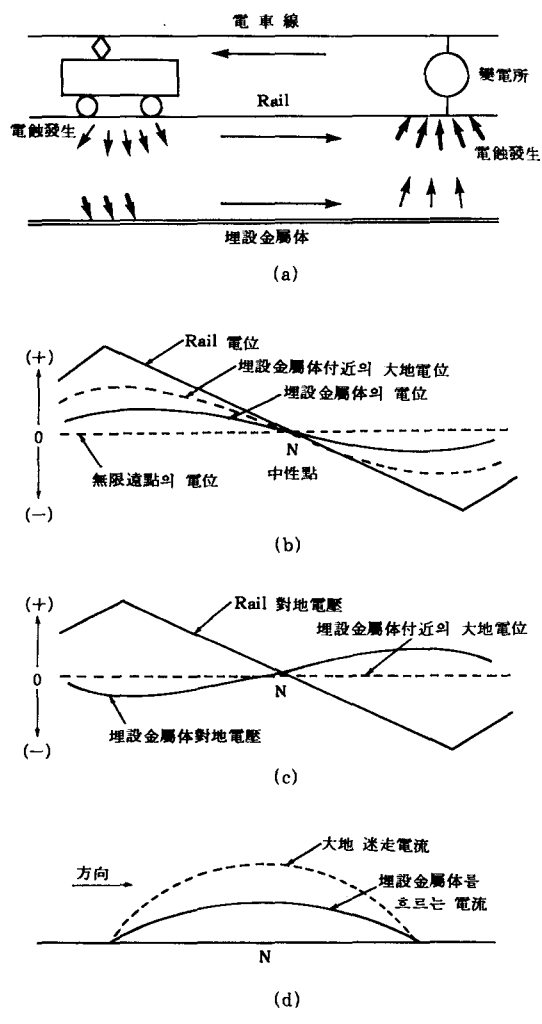


圖 2.2 漏泄電流에 의한 電蝕概念圖

터 떨어진 個所에서 電蝕이 發生하게 된다. 後者의 電蝕을 B型(押出) 電蝕이라고 하고 流出電流가 前者의 境遇보다 廣範圍하게 分散하므로 比較的 輕微한 境遇가 많으나 Rail로 부터의 漏泄電流가 많을 때는 電蝕防止 對策을 必要로 하게 된다.

地中浮動電流가 交流일 境遇 여기에 依한 腐蝕은 直流에 依한 腐蝕보다는 顯著히 적으며 商用周波數에 依한 鐵의 腐蝕은 같은 程度의 直流에 依한 腐蝕의 1% 程度로서 考慮하고 있

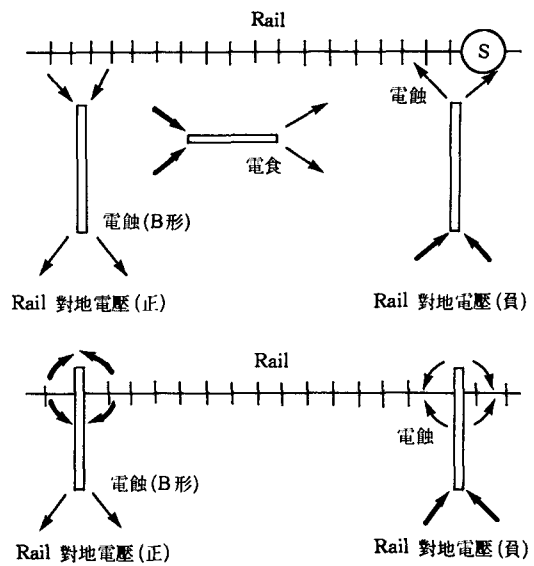


圖 2.3 埋設金屬體와 Rail과의 位置關係에 依한 電蝕發生狀況의 變化

다.

(ii) 干涉에 依한 電蝕

埋設金屬體에 對하여 外部電源裝置, 選擇排流器 或은 強制排流器에 依한 電氣防蝕을 實施하였을 時 여기에 他埋設金屬體에 防蝕電流의 一部가 流入하여 流出部에는 腐蝕을 이르킬 수

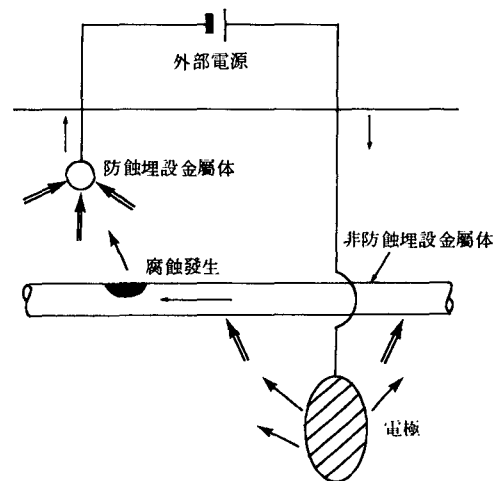


圖 2.4 干涉에 依한 電蝕

있다. 이것을 干涉에 依한 電蝕이라고 한다.(圖 2.4)

또한 電氣防蝕을 한 埋設金屬管이 絶緣을 中間에 押入한 非防蝕金屬管과 接續되어 있을 境遇, 같은 現象의 干涉에 依한 電蝕이 非防蝕埋設金屬管에 發生할 수 있다. 이것을 特히 Jumping 腐蝕이라고 稱한다.

(II) 自然腐蝕

(i) Micro-cell 腐蝕

土壤중에 埋設된 金屬材料의 表面은, 表面狀態, 組織, 環境 等の 若干의 差異에 따라 微視的인 陽極部와 陰極部로 되는 Micro-cell(微視的電池)이 多數形成되어 各各의 電池마다 電流의 循環이 생기게 된다. 이러한 腐蝕을 Micro-cell 腐蝕이라 하며 比較的 均一한 腐蝕을 惹起시킨다.(圖 2.5)

埋設金屬體의 腐蝕은 大部分 이 形態의 腐蝕으로 着做하여도 된다.

露出配管部の 腐蝕과 같이 大氣中 腐蝕도 管表面에 大氣中의 水分이 附着하여 생기는 電氣化學的腐蝕으로서 이 Micro-cell 腐蝕의 範圍에 넣을 수 있겠다. 이 Micro-cell 腐蝕에 對하여 普通의 土壤腐蝕, Vacteria 腐蝕, 大氣中의 腐蝕 3種類로 分類하여, 腐蝕促進要因, 腐蝕의 危險性의 判定等에 對하여 說明한다.

(a) 普通의 土壤腐蝕

通常의 土壤腐蝕은 大部分 Micro-cell 腐蝕을 말할 수 있다. 이 腐蝕은 比較的 甚하지 않은 便으로서 腐蝕速度는 鐵의 境遇, 一般的인 土壤中에서 0.02mm/年 程度로서 보고 있다.

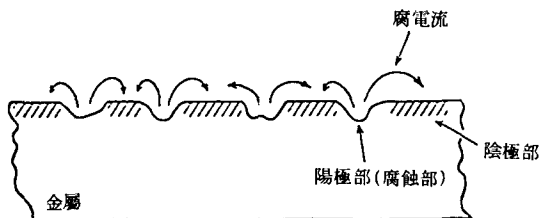


圖 2.5 Micro-cell 腐蝕의 概念圖

그러나, 土壤의 比抵抗, pH, Redox 電位(酸化還元電位), 含水比, 土質, 可溶性 鹽類(Cl^- , SO_4^{2-} 等) 痛氣性等的 影響을 받아 急激히 腐蝕하는 境遇가 있다.

이 中에서 特히 影響力이 크고 또한 測定이 容易한 土壤比抵抗, pH에 對하여 說明한다.

[土壤比抵抗]

Micro-cell 腐蝕은 無數한 腐蝕電池에 依하여 進行되므로 電流의 흐르기 어려운 土壤中에서는 腐蝕은 잘 되지 않는다. 따라서 土壤比抵抗은 土壤의 腐蝕性을 判斷하는 基準이 될 수 있고 測定이 容易한 關係上 잘 利用되고 있다.

表 2.1 土壤比抵抗과 腐蝕의 關係

比抵抗($\Omega \cdot cm$)	腐蝕性
10,000 Ω 以上	大端히 緩慢
5,000~10,000	緩 慢
2,300~5,000	中間程度
900~2,300	甚 한 便
0~900	極히 甚함

[pH (水素 Ion 濃度)]

普通土壤의 pH는 5~8 程度로서 特別히 腐蝕을 이르지 않으나 pH 4 以下の 酸性土壤에서는 鐵을 爲始하여 普通의 金屬은 急激히 腐蝕을 이르게 되므로 化學工場等에서 強酸性 廢棄物이 土壤中에 擴散 浸透되었을 境遇는 腐蝕이 問題된다. 또한 납(鉛), 이나 銅은 알칼리性에서 腐蝕되는 경우가 생기므로 注意할 必要가 있다.

(b) Bacteria 腐蝕

土壤中에서의 Micro-cell 腐蝕은 土壤中에 棲息하는 Bacteria에 依하여 顯著히 促進될 수 있으며 特히 代表的인 것으로서는 硫酸鹽還元 Bacteria를 들 수 있다.

이 Bacteria는 空氣의 流通이 잘 안되는 pH6~8의 土壤中에서 가장 繁殖하기 쉬우며 海, 河川, 湖水나 늪(沼) 같은 바닥에 널리 存在하고 있다.

Bacteria가 存在하는 土壤에 埋設된 金屬體는 Bacteria의 硫酸鹽還元反應에 따라 Micro-cell의 陰極反應이 促進되나 同時에 이 還元反應으로서 생기는 硫化物에 依하여 陽極反應도 促進되어 急激히 腐蝕되는 境遇가 있다.

鐵의 腐蝕의 境遇에는 生成物로서 黑色의 硫化物이 생기게 된다.

이 Bacteria 腐蝕의 危險性은 土壤의 Redox 電位(酸化還元電位)를 測定하여 判斷한다.

Redox 電位는 白金等の 不活性金屬電極과 基準電極을 土壤中에 設置하여 그 電位를 測定하여 求한다. 硫酸鹽還元 Bacteria는 강한 還元性의 環境에서 活動하므로 Redox 電位가 낮은 境遇가 腐蝕하기 쉬운 條件으로 볼 수 있다.

表 2.2에 Redox 電位와 腐蝕性과의 關係를 表示한다.

表 2.2 酸化還元電位와 Bacteria 腐蝕의 關係

酸化還元電位(mV)※	腐蝕程度
100 以下	激 烈
100~200	中間程度
200~400	輕 微
400 以下	無 腐蝕

※ 標準水素電極基準

(c) 大氣中에서 腐蝕

配管의 地上露出部에는 大氣中の 水分이 結露하거나 비에 젖거나 하므로서 水分이 附着하여 大氣中の 炭酸가스, 亞黃酸가스, 鹽分粒子의 溶解浸透等に 依하여 導電性을 띠는 電解質로서 作用하게 된다. 따라서 土壤中에서나 同樣으로 Micro-cell 腐蝕이 發生하게 된다.

工業地帶, 溫泉地域, 海岸附近에서는 金屬表面의 水分中에 腐蝕性이 강한 亞黃酸가스, 硫化水素 및 鹽分粒子가 스며들어 土壤과 比較하여 極히 甚한 腐蝕을 이끄는 境遇가 發生하므로 大氣中에서 惹起되는 腐蝕에 對하여서도 充分한 配慮를 必要로 한다.

(ii) Macro-cell 腐蝕

Macro-cell 腐蝕에 對하여는 相對的으로 自然電位의 낮은 部分(陽極部)과 自然電位의 높은 部分(陰極部)에 Macro-cell(巨視的電池)을 形成하여 陽極部의 腐蝕이 促進되는 것을 Macro-cell 腐蝕이라 稱하며 同一金屬이라 하여도 自然電位가 다르게 나타나는 環境속에 埋設될 境遇, 或은 自然電位가 다른 金屬을 組合하여 使用할 境遇에 일어나며 Macro-cell 腐蝕에는 다음과 같은 特徵이 있음을 알 수 있다.

- (1) Micro-cell 腐蝕과는 달라서 陽極部와 陰極部가 明確히 分離되어 있다.
- (2) 陽極部의 腐蝕은 陽極部의 面積에 對하여 陰極部의 面積이 相對的으로 클 수록 빠르게 進行되고 腐蝕速度는 大約 “陰極部面積/陽極部面積”의 比에 比例된다.

다음에 Macro-cell 腐蝕의 代表的인 型에 對하여 說明한다.

(a) Concrete/土壤 Macro-cell 腐蝕

Concrete는 알카리性(pH 12程度)으로서 그 속의 鐵의 自然電位는 通常의 土壤中에 比較하여 0.2~0.3v 程度높게 나타나게 됨으로서 埋設管이 土壤中에서 Concrete를 貫通하는 構造物內를 지나갈 境遇는 土壤/Concrete 境界部에서 埋設管의 土壤中部分은 陽極, Concrete 部分은 陰極으로 되는 Macro-cell이 形成되어 土壤中部分의 腐蝕이 急激히 促進 될 수 있다 (圖 2.6)

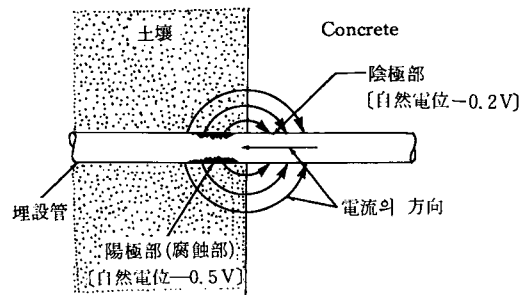


圖 2.6 Concrete/土壤 Macro-cell 腐蝕

이런 關係上 Concrete 中の 鐵筋도 이 中에 있는 埋設管과 같은 自然電位가 됨으로서 電氣的으로 接續될 境遇, 陰極部의 面積이 크게 됨으로 土壤中的 埋設管(陽極部)의 腐蝕은 더욱 促進된다.

(b) 通氣差 Macro-cell 腐蝕

金屬體가 通氣性이 다른 土壤에 複合的으로 埋設되어 있을 境遇, 或은 部分的으로 通氣性이 나쁜 土壤에 接하여 있을 境遇 通氣性이 나쁜 部分의 自然電位는 通氣性이 良好한 部分에 比하여 낮게 되므로 兩者間에 電位差가 생기게 된다. 여기서 Macro-cell이 形成되어 通氣性의 나쁜 部分이 陽極部가 되어 腐蝕이 促進된다. 이것을 通氣差(酸素濃淡) Macro-cell 腐蝕 或은 異種土質 Macro-cell 腐蝕이라 한다.

圖 2.7은 通氣性의 다른 土壤에 埋設管이 布設된 境遇로서 粘土層의 部分이 通氣差가 나쁘므로 이 部分이 腐蝕된다.

圖 2.8의 埋設管은 同質의 土壤中에 布設되어 있으나 水路下部의 土壤이 물을 含有하여 이 部分의 通氣性이 部分的으로 나쁘게 되어 通氣性 Macro-cell 腐蝕이 生길수 있는 例이다. 이와 같이 埋設管이 습지나 乾燥한 土壤에 複合的으로 布設되어 있을 境遇에는 兩者間 通氣性이 다르므로서 通氣性 Macro-cell이 形成되어 通氣性의 나쁜 습지에 埋設되어 있는 部分이 腐蝕이 甚하게 된다.

이것을 乾濕 Macro-cell 腐蝕이라고 한다.

(c) 異種金屬 Macro-cell 腐蝕

서로 다른 그 種類의 金屬이 土壤中에서 電氣的으로 接續이 이루어지면 各各의 金屬의 自然電位差에 依하여 Macro-cell이 形成되어 自然電位의 낮은 쪽 金屬이 陽極으로 作用되어 腐蝕하게 된다.

圖 2.9는 黃銅 VALVE와 鋼管이 接續되어 있는 例로서 土壤中에서 黃銅의 自然電位는 飽和硫酸銅電極에 對하여 約-0.2V는 鋼管의 自然電位(約 -0.5V) 보다도 높으므로 鋼管이 陽極으로 作用하여 腐蝕하게 된다.

圖 2.10은 鑄鐵管과 鋼管의 接續例로서 鑄鐵

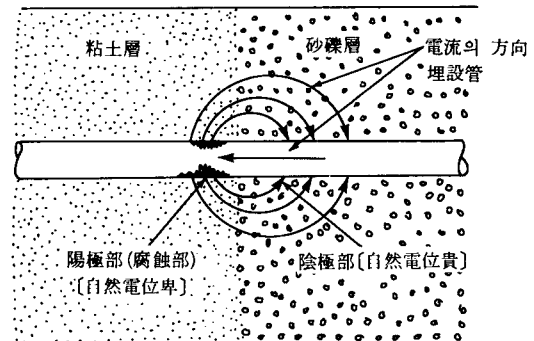


圖 2.7 異種土壤에 依한 通氣差 Macro-cell 腐蝕

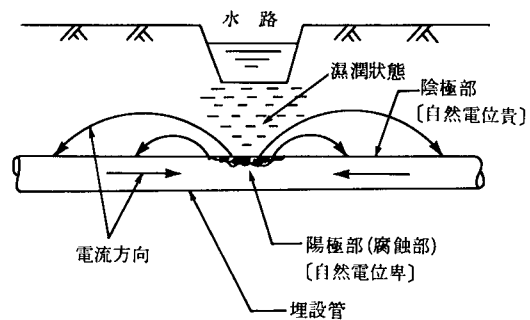


圖 2.8 濕氣狀態의 差에 따른 通氣差 Macro-cell 腐蝕

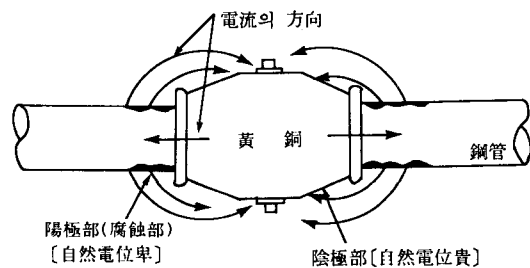


圖 2.9 黃銅과 鋼管에 依한 異種金屬 Macro-cell 腐蝕

管의 自然電位側이 鋼管의 自然電位보다 若干 높으므로 鋼管이 陽極이 되어 腐蝕한다. 鑄鐵과 鋼管의 接續에 依하여 形成되는 Macro-cell의 電位差는 그리크지 않으므로서 通常 腐蝕은 大端한 問題는 되지 않으나 鑄鐵管에 鋼 Bolt를 使用할 境遇이거나 鑄鐵管에 塗履裝

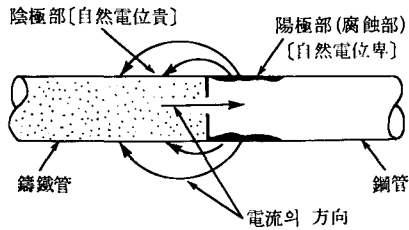


圖 2.10 鑄鐵과 鋼管에 의한 異種金屬 Macro-cell 腐蝕

缺陷이 있는 Plastic 被覆鋼管을 接續한 境遇와 같이 (鑄鐵面積)/(鋼面積)의 比가 클 때는 鋼部分의 腐蝕이 크게 되므로 主意를 必要로 한다.

異種金屬은 아니지만 相似한 境遇로서 舊管과 新官을 接續하여 일어나는 腐蝕이 있는데 舊管은 表面의 녹(錄)때문에 新管보다 自然電位가 높으므로 여기서 생기는 Macro-cell로서 新官이 陽極이 되어 腐蝕한다.

3. 埋設金屬體의 腐蝕例

3.1 鉛被 케이블

近來 布設되고 있는 Cable은 極히 一部를 除外하면 Poly ethylene 被覆으로 되어 있으나 裸鉛被 Cable도 아직 남아 있으므로 이런 種類의 Cable은 여러가지 原因에 依하여 腐蝕되고 있다. 金屬製外被는 連續性이 良好한 關係上 浮動電流에 따른 影響을 쉽게 받게 된다.

直埋用에서는 鋼帶外被가 되어 있으므로 그 차폐效果에 依한 鉛被의 腐蝕은 抑制될 수 있으나 鋼帶가 切斷되는 境遇에는 그 附近에서 電蝕이 發生될 수 있다. 管路를 使用하였을 때는 電蝕외의 管과의 接觸部 및 Man hole의 Duct 入口附近에서 通氣差電池作用에 따른 腐蝕이 생길 수 있으며 NO_3^- , Cl^- , 有機酸을 含有하는 Man hole 留水 或은 Alkali 性的 留水中에서 急激한 自然腐蝕이 생길 수 있다. 또한 鉛이 保護性 被膜을 形成하는 데 必要한 CO_3^{2-} 가 不足한 留水中에서도 腐蝕이 일어 날 수 있다.

Cable 外被는 接地되는 境遇가 많으나 接地體로서 銅이 使用되면 Cable 外被의 鉛 或은 鐵은 銅과의 接續에 따른 異種金屬 Macro-cell의 陽極部로 되어, 腐蝕 된다. 또한 建物같은 構造物의 引込個所에서 콘크리트中の 鐵筋과 Cable 外被가 電氣的 接續狀態가 되면 鐵筋이 銅과 같은 程度의 電位에 있으므로 前과 같이 Cable 外被의 腐蝕을 促進하게 된다.

初期의 腐蝕生成物은 電蝕이나 自然腐蝕을 不問하고 鹽化鉛이 많으나 때에 따라서는 硫酸鉛 或은 硝酸鉛을 發生시키나 이런 것은 鹽基性碳酸鉛으로 變化하기 容易하다. Alkali性的 물에 의한 腐蝕에는 赤色の 亞酸化鉛이 생기며 電蝕의 境遇에 鉛과 電解質間에 多少 높은 電位差가 있으면 過酸化鉛이 생기게 된다.

海底 Cable의 外裝鋼線은 海洋環境에 依한 自然腐蝕이 되는 外에 電鐵로부터의 浮動電流나, 地磁氣와 海流間의 相互作用에 따라 發生하는 電流로 因한 電蝕을 받는 境遇도 있다.

最近의 通信用 Cable은 Poly ethylene 外被로서 防蝕되어 있으나 Man hole 中の 接續鉛管이 鉛被 Cable과 同樣으로 腐蝕될 수 있으므로 腐蝕危險地帶에서는 接續鉛管에 防蝕被覆을 입혀 使用한다.

3.2 鐵 管

土壤中에 埋設된 氣水管, 水道管, 送油管 等에 使用되고 있는 鋼管이나 鑄鐵管은 電蝕 및 自然腐蝕을 하게 되어 있다.

美國의 NBS(National Bureau of Standards)에서는 美國 各地의 土壤中에 12年間 裸鋼材를 埋設하여 腐蝕度를 測定하여 다음의 結果를 얻은 것으로 하고 있다.

全面腐蝕度(mm/年) 0.016~0.37 平均 0.065

最大孔蝕度(mm/年) 0.16~1.75 平均 0.43

孔蝕係數 2.7~39 平均 6.7

註：孔蝕係數：最大孔蝕 깊이와 平均侵蝕 깊

이와의 比 $\frac{\text{最大腐蝕孔의 깊이}}{\text{平均侵蝕 깊이}}$

上記 試驗은 單只 試驗片의 結果로서 實際의 埋設鋼管에서는 上記에 記錄된 腐蝕에 Macro-cell에 依한 腐蝕과 境遇에 따라서는 浮動電流에 依한 腐蝕을 追加하여 考慮하지 않으면 안된다.

鑄鐵管의 腐蝕은 試驗片에 依한 埋設試驗에서는 鋼管과 큰 差異가 없으나 鑄鐵管의 接合部의 電氣抵抗이 一般的으로 크므로서 電蝕을 받는 程度는 鋼管보다는 적다.

埋設管의 大部分은 歷靑質이거나 Plastic系 材質로 된 被覆을 함으로서 被覆이 安全하다면 腐蝕은 發生하지 않으나 實際의 埋設管에 있어서는 施工時 或은 埋設后라 하더라도 土壤應力等에 따라서 被覆에 缺陷이 發生하므로서 그 狀態로 放置할 境遇 裸管보다도 短期間에 孔蝕이 生길 危險이 크게 된다. 이것은 理論적으로도 明白한 것으로서 例로서 두께 2mm의 絶緣性 被覆에 直徑 1mm 或은 10mm의 缺陷點을 만들어 比抵抗 5,000 Ω cm 或은 200 Ω cm의 土壤中에 埋設하여 電壓을 加하여 腐蝕度를 計算하여 보면 表 2.3과 같이 되어 裸管에 比較하여 顯著히 큰 것을 알 수 있다.

埋設管에 塗覆裝을 敷設하면, 埋設管 全體의 腐蝕量은 顯著히 減少하며 追加로 電氣防蝕을 할 境遇에는 그 效果를 더 促進하게 된다. 또한 缺陷이 있을 때는 前述한 바와 같이 急速度로 孔蝕이 發生하게 되므로 缺陷部의 保護對策을 必要로 하게 된다. 그에 對한 對策으로서는 電氣防蝕法의 適用이 極히 有效한 것으로서 이 方法外의 他 對策은 아직까지는 發見하지 못하는 實情이다.

3.3 基礎杭, 貯油 TANK, 其他

表 2.3 塗覆裝鋼管의 腐蝕度

埋 設 環 境		接 地 抵 抗(Ω)		腐 蝕 度(mm/ 年)	
土壤比抵抗(Ω m)	電位差(mV)	d = 1mm	d = 10mm	d = 1mm	d = 10mm
5,000	100	150,000	3,530	0.98	0.42
200	200	6,000	140	4.9	2.1

d : Pin hole의 直徑

鋼管 말뚝이나 CASING 等은 埋設管과는 달라서 垂直으로 地層을 貫通하여 打設되므로 一般的으로 浮動電流에 依한 電蝕보다는 異質 地層 或은 環境差異에 따른 Macro-cell 現象에 依한 概念이 더 크게 된다. 土壤의 狀態는 地下水位線을 境界로 하여 顯著히 變化를 가져 오므로 水位線보다 上部가 酸素濃淡電池의 陰極部, 水位線보다 下部가 陽極部가 되어 Macro-cell 腐蝕이 發生하게 된다.

또한 上部가 鐵筋 CONCRETE 構造物이 될 境遇 그 鐵筋과 電氣의 接續되면 鐵筋이 陰極部가 되어 基礎杭의 腐蝕을 促進하게 된다. 또한 比較的 離隔된 基礎杭이라 할지라도 相互間 他的 構造物 等에 依하여 電氣的으로 接續狀態가 되어 있으면 浮動電流에 依한 電蝕을 惹起시키게 된다.

地下 TANK나 半地下 TANK는 土壤과 接觸되어 있으므로 各種土壤腐蝕을 받게되거나 通常의 Micro-cell에 따른 腐蝕外에 깊이 方向으로의 酸素濃淡電池作用에 依한 腐蝕을 이 르키는 수가 많으며 特히 TANK의 中間部分에 地下水位線이 通過할 境遇 그 附近에 甚한 腐蝕이 發生하게 된다. 또한 TANK에는 接地 裝置를 한 外에 送油管, Pump 等이 共同施設 되어 있으므로 異種金屬의 Macro-cell 腐蝕을 받을 수도 있고 電鐵近處에서는 그에 依한 腐蝕도 생각할 수 있다.

地上 TANK의 境遇에는 TANK 底部에는 腐蝕성이 적은 良質의 강모래(川砂)나 산모래(山砂)를 敷設하므로서 地中の 水分이나 鹽分이 TANK 底部에 到達하여 通氣性, 黑皮의 存在 等으로 腐蝕電池가 이루어져 腐蝕이 進行된다. 特히 加熱 TANK에서는 乾濕의 反覆을 받는 底板의 外周部가 急激한 腐蝕을 받게 된다.