

配管에 對한 電氣防蝕 (Cathodic Protection for Pipeline.)

(株)三工社 常務理事 朴 相 國*

1. 電氣防蝕에 有效한 施設物

毎年 惹起되는 無視할 수 없는 腐蝕으로 因한 損害의 對象物로 地下配管, 貯藏用탱크, 케이블 및 其他 埋設 或은 水中設置 鐵構造物을 들 수 있다. 이런 構造物에 對하여 近來 많은 改良과 發展에 依한 塗裝 或은 데이핑 등으로 腐蝕防止에 힘쓰고 있으나 附加的이고 經濟的인 腐蝕抑制策으로 電氣防蝕을 들 수 있다. 電氣防蝕은 여러 가지 方法으로 新設 或은 既設鐵構造物에 對하여 設計 및 施工되고 있으며 環境에 따라 適切한 方式을 擇하고 있다. 世界에서 最初로 埋設 地下配管에 對하여 電氣腐蝕이 適用된 것은 1928년 美國의 New Orleans 洲의 Robert J. Kuhn 氏에 依하여 始踏되었으며 이것의 優秀性을 認定받아 現在 全世界의 基準으로 策定되었다. Europe 地域에 있어서도 거의 모든 送油管, 가스관 및 送水管 등이 이 電氣防蝕方法을 擇하고 있으며 電鐵軌道隣近 特히 浮動電流가 많은 地域에서 相當한 實效를 보이고 있다. 構造物의 保護라는 側面에서 블때 投資와 補修의 經費는 相當히 節減될 수 있으나 防蝕을 위한 適切한 施工을 爲하여는 專門的인 設計나 經驗에 依한 施工을 必要로 한다.

여기에 이 配管分野에 對한 電氣防蝕에 對하여 簡單히 紹介하고자 한다.

* 電氣技術士(發送配電)

2. 原 理

鐵構造物에 對한 腐蝕은 그 構造物이 處한 環境에 依한 化學的 或은 電氣化學的인 反應에 따른 金屬의 破壞를 意味하게 된다. 特히 地下 構造物의 濕한 條件下에서는 大部分이 電氣化學的인 反應을 보이게 된다.

土壤, 河水 或은 海水 등의 電解質속에 金屬原子는 帶電된 狀態의 原子로서 溶解되며 이런 現象은 많거나 작거나 間에 金屬의 損失을 招來하게 된다. 이런 現象을 그림으로 表示하면 아래와 같이 되며 그림 1은 好氣性狀態下에서의 反應이며 그림 2는 嫌氣性狀態下에서의 反應을 보여 준다. 嫌氣性腐蝕은 黃酸鹽을 黃酸水素로 變

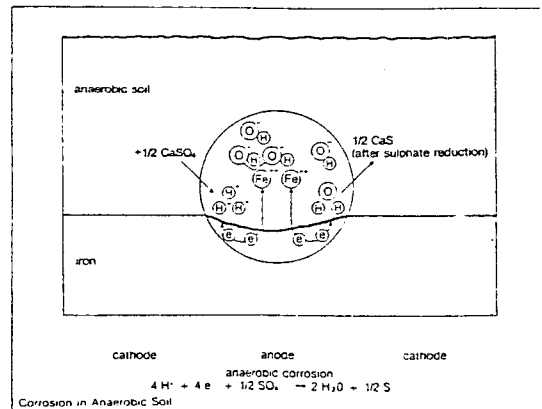


그림 1.

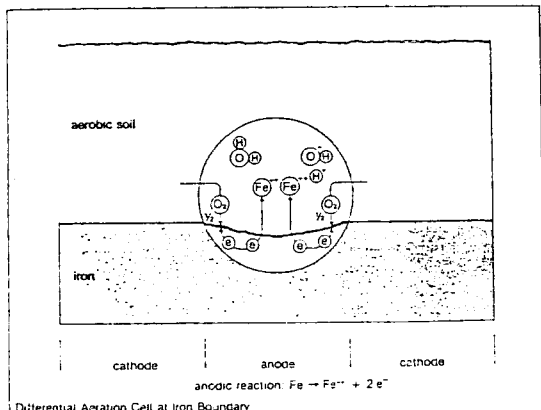


그림 2.

환시키는 과정에서 황산염의 감소에 따른細菌에 基因되며 鐵이온(2價)은 黃化物과 反應하여 黑鐵黃化物을 形成하게 된다. 여기에서 帶電된 原子의 移動은 電流의 흐름을 惹起시키며 이런 흐름은 金屬에서 電解質속으로 流入하게 된다. 이 金屬의 損失과 電流의 흐름간에는 電氣分解理論, Faraday의 法則에 따르게 되며 또한 金屬에서 電解質로 電流의 흐름이 있을 때는 接觸面에서 自然電位는 顯著히 變化하게 된다.

그림 3에 몇가지 電解質속에서의 腐蝕率을 보여주고 있으며 實線은 自然電位 및 概略의 金屬의 損失을 意味한다.

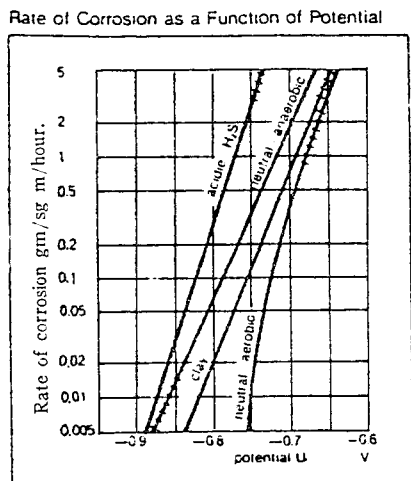


그림 3.

여기에 電氣防蝕을 添加하면 負電位로 내려가며 腐蝕의 減衰率은 指數函數關係를 나타내고 어떤 限界點에 到達하면(防蝕電位) 腐蝕率은 無視할 狀態로 된다. 金屬電氣分解의 促進을 爲한

電位의 變化要因을 아래와 같이 들 수 있다.

가. 凝集力差에 依한 好氣性 差等電池現象
나. 銅이나 鐵이 同時에 內藏되어 低抵抗으로 結束된 卽 貴金屬과 劣等金屬에 依한 流電池(Galvanic cell)

다. 浮動電流(電鐵中 直流成分)

電氣化學反應에 依한 電蝕으로 電氣防蝕이나 試驗에 考慮될 事項으로서는

1. 腐蝕豫防은 金屬의 表面에 發生하는 電氣化學反應의 影響을 抑制하는 것.(實際로 이것이 大部分을 차지함)
2. 基準値에 立脚하여 特定된 電壓電流의 測定(埋設配管設備에 對하여 管과 對地間의 電位差)을 하여 腐蝕의 擴大나 可能性을 除去하는 것.

3. 電氣防蝕

配管이나 탱크의 腐蝕防止를 爲하여 glass-fibre 또는 아스팔트질의 塗裝材가 뚜렷한 發展을 거듭하였으며 1960年代 以後에는 프라스틱塗裝 或은 프라스틱 테이프 등이 그 機械의 強度上的 優秀性을 認定받아 많이 使用되고 岩盤地域, 道路橫斷 및 軌道橫斷等에 利用되고 있다. 그러나 塗裝 및 테이핑 方法이 些少한 缺陷, 卽 작은 구멍, 홈(crack)이나 塗裝의 不完全部分을 完全히 除去한다는 信賴性을 줄 수 없으며 熔接을 하는 境遇等에 있어 塗裝 損傷部分은 電氣抵抗의 劣化로 腐蝕의 危險性을 內包하게 된다. 換言하여 이런 脆弱地點에 높은 電流密度로 腐蝕을 集中

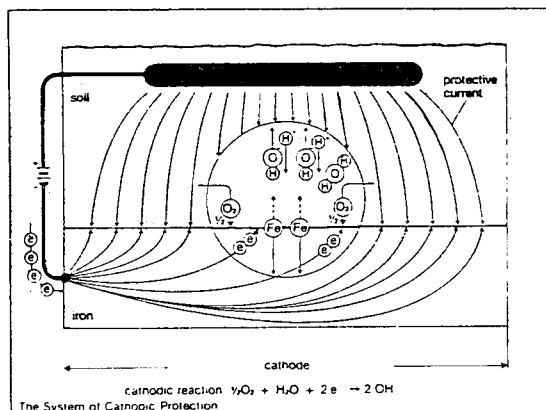


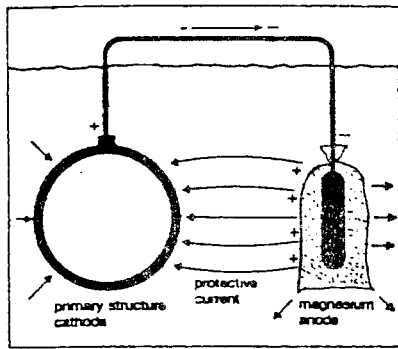
그림 4.

招來하게 된다.

電氣防蝕이란 이러한 外觀으로 나타나지 않는 塗裝損傷部分을 保護하기 爲하여 電流을 印加함을 말하며 그림 4에 圖示한 바와 같이 他金屬의 分解에 依한 表面에서 放出되는 電子를 代置하여 金屬表面의 酸素를 減衰시키므로써 保護하게 된다. 金屬表面의 電位를 充分히 低下시켜 鐵의 (+)ion을 分裂시켜 保護하게 되고 陽極反應은 酸素減衰의 陰極反應으로 代替되며 構造物 全表面을 安全한 陰極狀態로 變形시키게 되는 것이다.

4. 流電陽極保護方式 (犧牲陽極保護方式)

이 方法은 主로 잘 塗裝된 鐵構造物, 短距離 配管, 貯藏탱크 或은 集中腐蝕이 豫想되는 個所에 利用되며 被防蝕體(cathode)와 劣等金屬(less noble metal, anode)間을 導線으로 連結한다.



Magnesium Anode System

그림 5.

그림 5에 表示된 例는 配管設備에 適用된 流電陽極方法의 한 例이며 電流의 흐름은 銅線을 使用하여 構造物과 連結되고 全回路의 形成은 中間에 있는 電解質로 되고 있다. 防蝕電流의 量은 鐵構造物과 陽極間의 電位差로 左右되며 實際로 鐵의 腐蝕代身 陽極의 腐蝕으로 移轉되는 것이다.

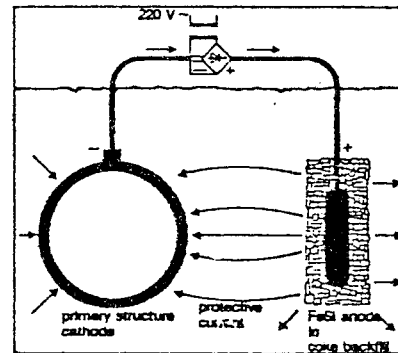
使用되는 主資材는 마그네슘이 利用되고 있으며 電解質의 比抵抗이 $20\Omega\cdot m$ 보다 적은 境遇는 亞鉛도 使用될 수 있다. 陽極의 發生電流는 主로 電解質의 電氣的抵抗에 따라 決定되며 陽極의 形態는 自然電位에 따라 選擇하고 壽命은 計

劃에 따라 指定되는 것이 通常이다. (普通 10年 等等)

陽極을 地中에 埋設할 境遇 接觸抵抗을 減少시키기 爲하여 導電率이 良好한 物質로 包裝하여 設置하는 것이 바람직하다.

5. 外部電源保護方式

外部電源方式에 있어서는 配管의 保護에 必要한 所要防蝕電流를 地中에 埋設된 陽極에 外部에서 接續된 整流器를 通하여 供給하는 形式을 말하며 이 方法에서는 大略 세가지를 具備條件으로 하고 그림 6에 그 原理를 表示한다.



Impressed Current for Cathodic Protection

그림 6.

1. 整流器로서 所要電流를 供給하고
2. 外部電源에서 接續되는 陽極은 Coke로 Backfill 하며
3. 配管과 陽極의 電流供給은 電線으로서 接續한다.

外部電源防蝕에 使用되는 陽極은 整流器로부터 地中에 電流를 供給하는 機能만을 가지므로 陽極材質의 選擇은 主로 必要로 하는 壽命에만 關係되는 것으로 볼 수 있다. 이런 理由下에서 陽極의 材質은 耐腐蝕性을 選擇하여 大概 Silicon/cast Iron 陽極이 利用되며 大略의 消耗率은 $0.2\text{ kg/A}\cdot\text{yr}$ 이고 電氣分解로 因한 消耗를 防壁으로 막는 役割을 하는 Backfill을 兼하여 使用한다. 陽極의 設置는 集中的으로 1個所 或은 2個所로 設置하는 方法과, 配管에 따라 Trench形式으로 設置하는 方式으로 大別되나 陽極設置位置는 可能한 限 抵抗이 낮은 地域을 擇하여 電源供給用 整流器의 使用電壓을 低下시켜 地中에

서의 危險除去 및 運營經費를 節減시켜야 한다. 한편 Ground bed의 抵抗減少方法으로 여러 個所 設置하는 方法이 있으며 이 境遇 運用費는 적게 드나 投資를 많이 所要로 하고 反對의 境遇는 運營費는 많이 드나 投資費는 적게 된다. 따라서 設計時에 適切한 選擇을 하여 經濟的인 方法을 摸索하여야 한다.

6. 電氣防蝕의 適用

實際로 電氣防蝕이 適用되는 分野는 地下埋設 配管, 貯藏用탱크, 電力케블, 河川水中橫斷, 鐵管 pile, 鐵板 piling, 其他 港灣設備等を 들 수 있다.

地下埋設 裸鐵構造物에 對한 防蝕電流密度는 100mA/sqm 或은 그 以上으로 하고 있으며(嫌氣性土壤에서는 增加) 淨水中에서는 100~300 mA/sqm 로 하고 溫度의 影響도 考慮하여야 하나 海水中에서는 50~200mA/sqm 를 基準으로 하고 있다. 그러나 實際適用할 境遇 被防蝕體의 表面處理狀態(塗裝或은 TAPING) 및 電解質의 種類等에 따라 防蝕電流密度를 適宜 加減할 수 있다. 單純히 塗裝만 한 鐵構造物에 對하여 塗裝上의 瑕疵나 若干의 구멍等만 考慮하여 防蝕電流密度를 輕減시키는 것은 바람직하지 못하다 Bituminous glass fibre coating 한 配管이나 탱크는 平均 30 μA/sqm(bitumen) 程度適用하고 plastic coating 에 對하여는 3μA/sqm 程度를 擇하며 調整用 整流器의 位置는 Bitumen coating

Protective Current Densities for the Cathodic Protection of Steel Structures

Structure	Coating	Protective Current Density (mA/sq.m.)
Buried:	plastic bituminous glass-fibre (bonded) bituminous wool felt impregnated jute no coating	10 ⁻³ 10 ⁻² 10 ⁻¹ 10 ⁰ 10 ¹ 10 ²
		pipelines, vessels, and tank farms, pressure cable conduits, armoured cables, casing, earthenplates
		Fresh Water:
		bridges, water intake and discharge structures, locks, weirs, water tanks, wells, heat exchangers, boilers
		Sea Water:
moored vessels, buoys, moving vessels, pier facilities, pontoons, dolphins, sheet piling, ballast tanks	good paint old paint no paint	

그림 7.

된 配管에서 約 30km, Plastic coating 된 配管에서는 100km 程度로 한다. 그림 7에 塗裝狀態 및 地域條件에 따른 防蝕電流密度를 表示한다.

7. 防蝕電位

實際適用되는 防蝕效果는 埋設된 鐵構造物의 周圍, 環境 卽 電解質의 條件如何에 左右되므로 그 電位差에 依하여 適應시켜야 한다. 防蝕을 하지 않은 狀態下에서의 對地及 構造物間의 自然 電位差는 黃酸銅電極(Cu/CuSO₄)을 基準으로 測定하면 約 -0.5~0.6V를 얻는다. 電氣防蝕을 適用한 後에 電位測定은 防蝕의 實效를 얻기 爲하여 相當히 重要하고 基準이 되므로 地中或은 其他 電解質속에서 測定한 結果를 알아둘 必要가 있다. 通常의 境遇 電氣蝕蝕을 한 後의 電位差는 硫酸銅電極(Cu/CuSO₄)으로 測定하면 -0.85V(或은 Sulphate reducing bacteria가 있는 境遇 -0.95V) 程度얻을 수 있으며 이 數値는 表面電解質에 따라 多少 差異를 보인다. 卽 若干의 電位差만 줄수 있으면 電氣防蝕이 이루어 짐을 意味한다.

配管과 對地間의 電位差測定에는 普通 硫酸銅電極으로 하고 있으며 配管上部 土壤에 基準電極을 位置시키고 電壓計는 電壓降下에 影響을 주지 않도록 內部高抵抗(內部抵抗 1MΩ以上)電壓計를 使用한다. 硫酸銅電極을 使用하여 地上에서 防蝕電位를 測定時 地中을 通하여 일어나는 電壓降下(IR drop)는 不可避하나 時間의 經過에 對하여 變動되는 分極電位를 反覆測定하므로써 어느 程度 克服할 수 있으며 整流器에서 스위치를 切斷할 境遇 分極電壓은 徐徐히 減少되는 反面 IR 降下는 卽時 消去된다. 이런 過渡現象을 그림 8이 나타내어 주며 이 경우 復極現象은 圖表에서

1. 탱크에서 電氣防蝕을 한 2時間 以後를 나타내고
2. 30年前에 設置한 配管設備에서 3年後이고
3. 같은 配管이나 電氣防蝕을 한 10年後이며
4. 新設된 配管에 2年間 適用한 例이다.

長距離配管路인 境遇 區間防蝕을 하였을 時에 各區間의 스위치의 切斷이나 接續을 必要로 할

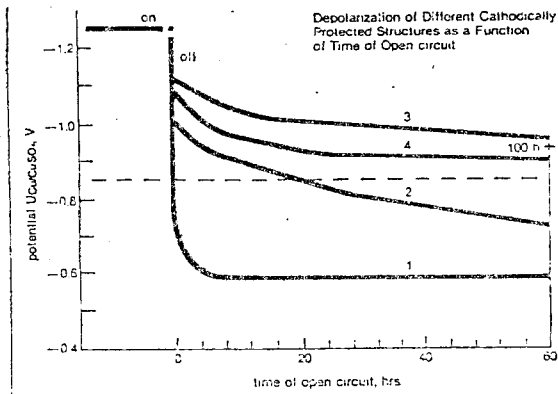


그림 8.

時は各區間同時に 하여야 하고 이境遇無線連繫方式을 利用操作할 수 있다.

8. 試驗 및 現場調查

腐蝕이 일어날境遇 이런 腐蝕을 豫防하거나 改善하기 爲하여 어떤 方法을 擇할 것인가 하는 것을 考慮하여야 되며 腐蝕生成物 및 電解質을 分析할 必要가 있다. 境遇에 따라서는 試驗室分析도 하여야 하는 境遇도 있고 腐蝕을 惹起시키는 環境이 金屬에 어떤 影響을 주는가도 試驗하여야 한다. 다음의 要素들이 實際로 埋設配管에 必要한 事項이 되겠다.

- (1) 土壤性質分析
- (2) 土壤의 比抵抗, 地下水面 및 土質의 同種性
- (3) 金屬과 電解質間의 電位差 및 電位分布
- (4) 浮動電流나 腐蝕電流
- (5) 平衡維持電流 및 干涉電流
- (6) 塗裝에 依한 比抵抗

이런 事項들은 必히 調查되어야 하며 이런 各項目들은 腐蝕要因의 影響을 주므로 正確히 限界지어져 明示되어야 한다. 따라서 이러한 主要事項들은 반드시 經驗이 豊富한 專門家들에 依하여 判斷되어야 하고 記錄되어야 한다.

9. 水中構造物에 對한 防蝕

電氣防蝕은 처음으로 1824年 英國의 Humphry Davy 卿에 依하여 軍艦에 適用實用化되었으며 第17卷 第1號(1984.3)

그後 發展을 거듭하여 數十年間 各種船舶에 利用되고 現在는 海岸設備, 港灣施設, 製品埠頭, 海中配管 設備等에까지 利用하게 되었다. 가장 良好한 方法은 塗裝과 電氣防蝕을 併用하는 것이라 할 수 있고 이것을 併用할 境遇重要한 點은 電氣防蝕이 塗裝에 支障을 주지 않는다는 點이며 犧牲陽極防蝕法이나 外部 電源防蝕方法이 淡水나 海水中的의 鐵構造物의 保護에 共히 使用될 수 있다.

亞鉛이나 알미늄은 犧牲陽極防蝕에 主로 使用되는 資材이나 實際의 適用에 있어서 海中鐵構造物은 大型인 反面 電解質인 海水의 比抵抗은 낮으므로 容量이 작다는 것이 問題點으로 남아 있다.

白金 Titanium Anode는 外部電源防蝕用으로 많이 利用되는 陽極材로서 이 材質은 不溶性이며 壽命이 길다는 長點을 가지고 있다. 消耗率 實驗結果 이陽極材는 2.5 μ m 두께로 白金을 付着시켜 電流密度 5.5A/sqm로서 海水中에서 10年間 使用可能한 것이 立證되었다.

鉛銀電極 亦是海水中에 많이 利用되는 陽極材이나 汚染의 憂慮가 있으며 Silicon/cast iron anode는 높은 電流密度下에서는 消耗가 不均一한 缺陷을 지니고 있다.

電氣防蝕設計時 大型船舶接岸用 피어에 對하여는 電流密度를 塗裝의 損傷部分 및 瑕疵를 考慮하여 Tar epoxy rosin으로 塗裝한 約 50,000 sq-m에 1,200A를 適用한 例가 있다(240 mA/sq-m) 運轉段階에서는 150A로 되고 各徑間마다의 平均 防蝕電位는 -0.9V를 나타냈다.

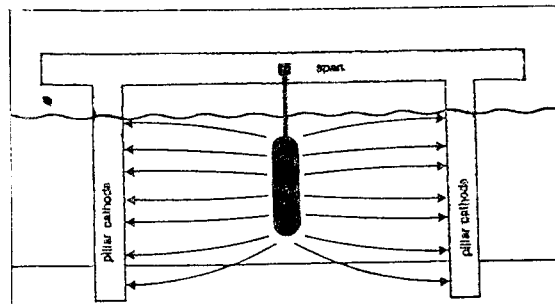


그림 9.

이 電氣防蝕은 또한 内部에 電解質이 充滿된 탱크, 配管設備 및 其他 施設物에 利用되며 摘

切한 方法의 撰擇은 아래 事項等에 依하여 左右된다. 犧牲陽極防蝕法을 使用할 境遇 構造物에 形成되는 電解電池에서 劣等金屬이 防蝕電流를 供給받게 되며 犧牲陽極(Sacrificial anode)은 單位重量當 少量의 保護電流를 流出하게 되며 壽命은 電解質의 比抵抗에 依하게 된다. 化學工場에 있어서는 犧牲陽極의 反應中 化學反應이 介入되므로 防蝕法은 良好하다고 할수 없다. 萬一 外部電源防蝕方法으로 不溶解性 陽極(例로서 Platinized titanium)이 使用된다면 外部에서 所要電流를 數年間 供給可能하나 經濟性에 緣由하여 防蝕이 되어있는 狀態下에서도 絕緣塗裝을 하며 이 境遇, 防蝕은 塗裝部分 缺陷이나 구멍等에 限하는 것으로 된다. 塗裝이나 coating을 할 時 반드시 耐化學性 및 알칼리성이야 한다.

10. 內部保護防蝕

數年間 犧牲陽極防蝕은 이런 目的下에서 冷或은 溫水 貯藏탱크에 利用되어 왔으며 現在까지도 Ballast tank가 있는 油槽船의 內部保護에 重要한 役割을 하고 있다. 不溶性陽極 材質을 使用한 外部電源防蝕法은 그의 優秀性이 認定되어 탱크內部防蝕의 利用에 增加趨勢에 있다. 反面 犧牲陽極防蝕은 腐蝕性이 強한 電解質속에서는 그 消耗가 매우 急激하여 壽命이 다될 境遇 代替하여야 하므로 많은 費用을 必要로 한다.

防蝕用 陽極은 可能한 限 적은 數量으로 많은 面積을 防蝕할 수 있어야 하고 陽極 近接地點의 塗裝에 害를 주지않고 水素의 發生이 없는 範圍下에서 防蝕電位를 適正한 線으로 維持시킬 수 있어야 한다. 通常 탱크의 防蝕電位感知는 탱크 內部에 設置되는 基準電極을 利用하며 이 極으로는 高濃度알칼리성이나 鹽素의 發生個所에서도 亞鉛이 安全하게 使用可能하다는 것이 經驗에 依하여 立證되었다. 또한 電氣防蝕과는 別途로 爆發性 混合物이 있을 時는 이 爆發의 豫防을 爲하여 適切한 換氣設備을 具備하여야 한다.

11. 工場防蝕

現在까지의 配管設備 및 構造物에 防蝕을 摘

用할 境遇 接合點이 있을 境遇 低抵抗地點에서 絕緣分離하여 왔으나 工場의 大型化에 따라 各種 大少配管을 低抵抗地點에 限하여 絕緣分離한다는 것은 經濟的인 면에서나 規模에서 어려움이 많다. 더욱이 擴張이나 追加되는 設備가 既存絕緣地點 內部에 存在할 때 이미 施設된 電氣防蝕에 큰 惡影響을 주게 된다. 왜냐하면 腐蝕電池現象이 發生하게 되어 配管設備보다도 地中鐵構造物, 콘크리트內部鐵物들이 많은 惡影響下에 놓이게 되고 이 境遇 다른 配管을 分難시키지 않는 狀態에서 問題되는 地點의 防蝕을 하므로써 腐蝕의 危險을 減少시키기 때문이다. 왜냐하면 全工場(既存과 擴張部分)의 接地抵抗이 낮아져서 여기 所要되는 電流가 增加하기 때문이다. 卽 많은 電流의 所要, 整流器容量의 增加, Anode groundbed의 費用等이 從來設備보다 많이 들기는 하나 이 境遇에는 絕緣分離作業이 必要없고 問題될 수 있는 露出 危險 地域에 集中防蝕하므로써 信賴度를 높일 수 있다는 利點을 들 수 있다.

問題되는 地點의 電氣防蝕 決定은 Anode groundbed에 依한 電位分布에 따라야 된다. 왜냐하면 整流器의 스위치를 切斷할 境遇에도 非正常的인 分極現象에 基因하여 開路電位の 測定은 困難하고 電氣防蝕의 實效에 信賴性을 얻을 수 없기 때문이다. 壁을 통한 配管地點이나 腐蝕의 危險性이 豫想되는 地點의 檢査는 防蝕에 對한 實效를 거두는 分析에 絕對必要한 要因이 된다.

12. 埋設配管에 對한 防蝕

新設配管設備에 對하여는 從來의 防蝕方法을 利用設計하여야 하나, 既存配管設備에서는 既存係統을 考慮하여 充足시킬 수 있는 方案을 樹立하여야 한다.

考慮할 事項으로

- 防蝕對象物의 導電性이 連續的인 것
- 配管設備가 低抵抗의 接地와 直接連結되지 말 것.
- 構造物이 塗裝되어야 하고 適切한 抵抗을 維持할 것

以上에서 電氣配線用 鐵配管에도(110KV 級或

은 以上의 電壓) 適切한 防蝕이 必要하고 電氣的 接續에 留意하여야 한다.

設計 및 踏査

防蝕의 種類 및 範圍等を 決定하기 爲하여 現場 調査 및 踏査를 施行하여야 한다.

① 計劃된 配管設備에 對하여

計劃된 配管設備을 알 境遇에는 設計의 例나 經驗에 依하여 整流器의 設置位置나 所要防蝕電流等を 算出할 수 있고 例로서 아스팔트 glass fibre 로 塗裝된 配管設備나 貯藏用탱크 表面의 境遇 約 $50\mu\text{A}/\text{sqm}$ 로 假定하는 것이 普通이며 polyethylene 塗裝配管에서는 $5\mu\text{A}/\text{sqm}$ 로 한다. 이런 數値들은 이미 塗裝의 劣化를 考慮한 것.

低抵抗의 Groundbed(集合陽極設置個所) 設置個所의 揀定을 爲하여 配管設備의 位置와 關聯하여 土壤의 比抵抗을 測定하여야 하고 낮은 電壓으로도 電力의 供給이 可能하도록 既存配管設備等を 考慮한 位置가 重要하며 交通의 便利與否도 생각하여야 한다.

② 既存配管設備에 對하여

既存配管施設에 對하여 實際所要防蝕電流量은 新設과는 달라서 電池나 移動式整流器等を 使用한 排流試驗法을 利用하여야 하고 이런 所要試驗들은 새로 設置될 整流器의 位置等を 考慮하여야 하며 試驗途中 必히 配管과 土壤間 電位 및 電流를 測定記錄하여야 한다. 여기 使用될 整流器의 容量은 所要電流量과 土壤의 比抵抗에 따라 決定되어야 한다. 實際에 있어 排流試驗法으로 試驗을 할 境遇. 試驗時間은 數時間에 不過하므로 正常運營時의 長期間 分極電位보다는 낮은 數値밖에는 測定되지 않으므로 設計上 防蝕電流策定에는 餘裕를 두어야 한다.

浮動電流의 干涉이 많은 地域에서는 여러가지 다른 試驗이 併行되어야 하나 整流器의 容量決定은 亦是 排流試驗法에 따라야 한다. 比較的 斷面이 큰 프라스틱 塗裝이 된 配管이 低抵抗으로 接地된 (110KV 級以上) 架空送電線과 並行으로 長距離에 布設될 境遇 土壤比抵抗의 測定을 必要로 하며 測定時는 交流에 依한 誘導電壓을 可能한限 低下시키도록 接地棒等を 使用하여 接地測定하여야 한다.

電氣防蝕에 考慮될 事項

후란지발브等으로 絶緣된 配管設備 및 配管途中 絶緣된 個所는 防蝕電流의 어떤 制限이 必要 없는 個所로 이런 場所는 低抵抗의 Bond 를 設置하여 通過시켜야 하며 爆發이 介在하는 危險個所는 落雷로 因한 閃絡防止를 爲하여 Spark gap 을 두어 通過시켜야 한다. 또한 爆發危險個所에서는 Spark 의 發生, 例로서 工具等 作業中에 發生하는 Spark 等の 防止를 爲하여 데이프 같은 것으로 包裝하여야 한다. 萬一 電氣로서 操作되는 機器, 卽 電動操作用 발브나 配管距離測定用機器 등이 直接 配管施設에 連結되어 있을 境遇 電力供給系統에 必히 接地設備을 具備하여야 한다.

配管設備나 電力線의 橫斷個所에 있어서는 適切한 絶緣을 하여 接觸을 避하여야 하고 架空部分은 配管用 橋脚이나 支持臺를 絶緣物質을 使用하여 絶緣하여야 하며 水中橫斷個所에 있어 Anchor block設計時 鐵筋콘크리트와의 接續時에도 絶緣에 對하여 特別 留意하여야 한다. 또한 Sheet pile이나 콘크리트構造物의 橫斷 通過時에도 金屬과 金屬間의 接觸이 생기지 않도록 特別 留意하여야 한다.

配管途中 金屬 Casing 을 使用하는 境遇 內部 配管과 外部Casing 間에는 2~3M 間隔으로 프라스틱 Spacer 等を 使用하여 絶緣하여야 하며, Casing 의 末端部分은 配管塗裝缺陷部分으로 생기는 電氣的 電位差를 防止하기 爲하여 充分히 充填絶緣시켜야 한다.

裸配管設備에 對하여도 勿論 電氣防蝕이 可能하나 所要電流密度는 높여주어야 하고 腐蝕相互 干涉關係가 일어나게 된다. 反面에 塗裝을 하였을 境遇는 防蝕電流와 腐蝕相互干涉關係도 同時에 출될 수 있다. 其他 部屬金具 및 발브 등도 當然히 塗裝하여야 함은 勿論, 되메우기를 하기 以前 必히 塗裝缺陷部分을 探索하여 (Holiday detector $5\text{kv} \pm 5\text{kv}/\text{mm}$) 再塗裝하고 埋設하여야 한다.

防蝕의 實效를 거두기 爲하여서도 配管과 對地間의 電壓을 測定하여야 하므로 配管에 延하여 1~2km 間隔으로 電位測定을 할 수 있는 터

미널을 設置하여야 하고 普通 Casing 에 設置하나 때로는 Bond 를 한 個所 或은 他 配管橫斷이나 並行되는 地點에 設置한다. 各種配管의 適正防蝕電流密度測定을 爲하여는 5~8km 間隔으로 測定地點을 두어야 하며 測定點의 設計나 位置는 아래와 같이 擇한다.

◎ 集合 測定地點 및 配管表示點

各 區間別로 配管地點 表示板을 設置하고 絶緣板 및 電線端子들을 나사를 利用하여 堅固히 附着시키며 프라스틱 2×2.5sqmm 以上 規格의 電線으로 配管 및 Casing 에 連結시켜 뿔아낸다. 그림 10에 配線 및 地上測定函에 對하여 表示한다.

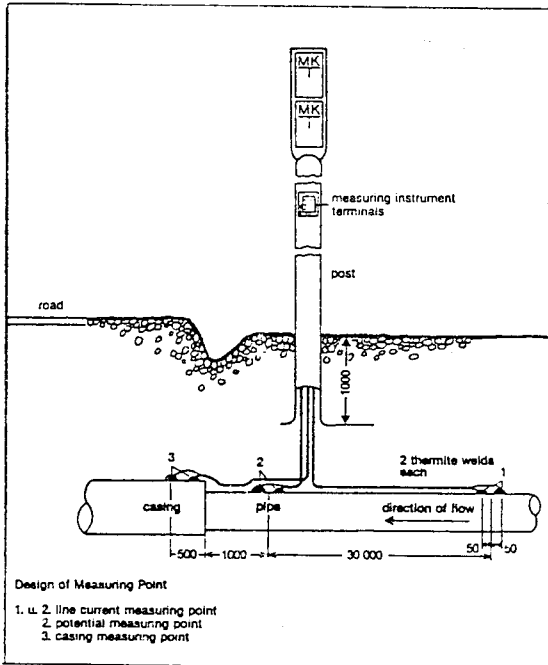


그림 10

◎ 콘크리트기둥 및 Link box

Link box 自體는 콘크리트기둥 上部에 設置하고 이 函은 銑鐵製로 하며 프라스틱板에 여러 端子를 使用할 수 있도록 한다. 使用되는 電線은 通常의 配線方法과 같이 콘크리트 內部에 電線管을 使用하고 이런 種類의 測定函은 建物이 있을 境遇는 建物을 利用하면 더욱 便利하다.

◎ 電線과 配管과의 連結

電線과 配管과의 接續은 반드시 宥蝕 接合或은

Thermite 熔接을 하여야 하고 熔接時의 外氣溫度가 零下일 때는 熔接部分을 100°C 程度로 豫熱하여 熔接을 하도록 한다. 高强度鋼管이나 流體輸送用鋼管일 境遇에는 周圍溫度가 0°C 以上일 때도 豫熱을 하여 熔接하여야 할 것을 잊어서는 안된다.

◎ 保護方法의 選擇

配管의 防蝕에 있어서 防蝕電流의 供給이 外部電源式이거나 犧牲陽極式이거나 間에 防蝕效果는 同一하며 그의 選擇에 있어서는 下記事項을 考慮하여 取하면 된다.

- ① 所要防蝕電流의 量
- ② 土壤의 比抵抗
- ③ 電力供給의 難易性 與否
- ④ 他構造物과의 干涉惹起狀態
- ⑤ 經濟性

地下構造物의 防蝕은 萬一 所要電流量이 많지 않을 境遇(0.2A 程度) 犧牲陽極方法이 良好하나 陽極의 出力은 土壤의 比抵抗의 高低에 依하여 左右됨으로 많은 陽極을 必要로 함을 考慮하여야 한다. 그러나 犧牲陽極의 利點은 많은 陽極을 分布하여 取付하였다고 하여도 다른 構造物과의 干涉이 없으며 自己調節能力이 있는 點이다. 따라서 이 方法은 많은 陽極으로 電力을 供給하므로 開路電位(自然電位) 마다의 測定에 어려움을 隨伴하게 된다.

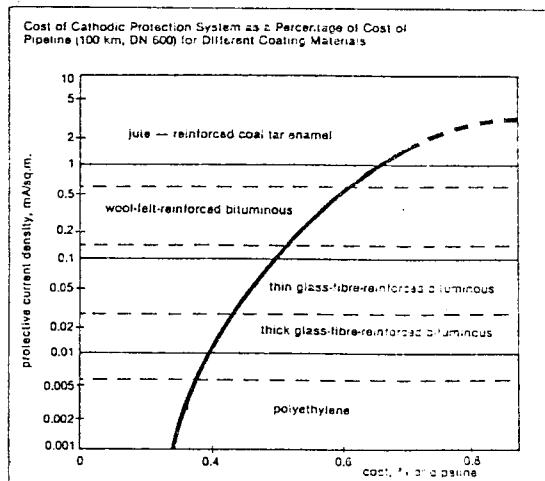


그림 11.

大型鐵構造物과 地中에서 浮遊電流가 있는 地域에 施設된 構造物은 電流의 供給이 可變으로

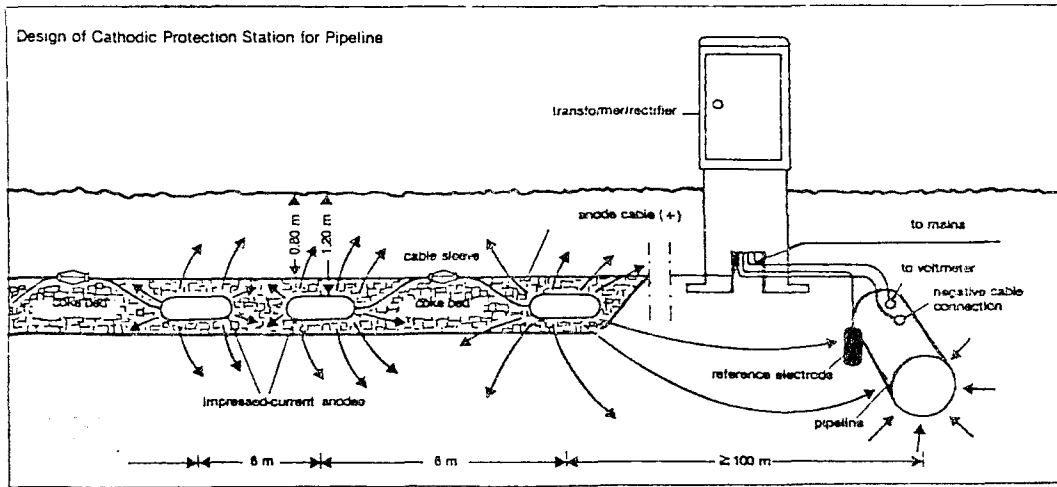


그림 12.

이루어질 수 있는 整流器를 사용하여 防蝕하는 外部電源法을 擇하는 것이 良好하다. 外部電源 防蝕에서는 整流器 한臺로서 長距離區間의 配管 設備를 防蝕할 수 있으므로 便利하며 따라서 點 檢이나 維持補修費도 節減시킬 수 있다. 境遇에 따라서 追加되는 配管設備가 있을 때는 適切한 追加防蝕設計로서 既存과 重疊시켜 節約할 수 있는 利點이 있으며(並行하거나 分岐시킬 境遇) 여기 對한 例를 그림 12에 例示하였다. 그리고 結果의으로 電氣防蝕은, 一定한 期間으로 周期 마다 徹底히 點檢하고 補修하여야 效果를 얻을 수 있는 것이므로 防蝕方法의 選擇은 初期投資 에만 關係되는 것이 아니라 維持補修에 큰 比重 이 있는 것이다. 그림 11에 DN 600配管에 對하여 費用的 100分率比를 表示한 例를 들었다.

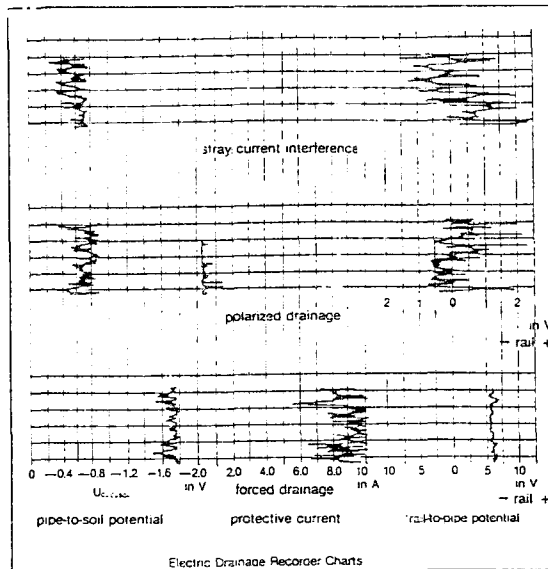


그림 13.

13. 浮動電流에 依한 干涉

地下鐵이 存在하는 都市 或은 直流軌道가 있는 地域에서 地中の 電壓分布는 主로 地中に 흐르는 浮動電流의 發生에 基因된다. 通常 軌道는 電鐵에서 負極(⊖ pole)으로 帶電되고 架空饋電線은 正極으로 使用된다.

그림 14에서 보여주는 바와같이 變電所를 通하여 架空線(+極)으로부터 電鐵에 供給되고 軌

道の(-)極을 거쳐 變電所 BUS를 通하여 電流가 環元된다. 이런 關係로 하여 電壓降下가 軌道와 變電所의 BUS BAR (-)極間에 發生하게 되고 軌道와 對地를 分離시킬 수 없으므로 結果的으로는 軌道와 大地間의 抵抗을 挿入시킨 現象이 된다. 軌道를 通하여 歸環하는 電流中一部分은 地中に 浮動電流를 남기게 되며 近接된 個所에 配管設備가 存在할 境遇는 이 配管이 導體가 되어 變電所 整流器側으로 流入하게 되고

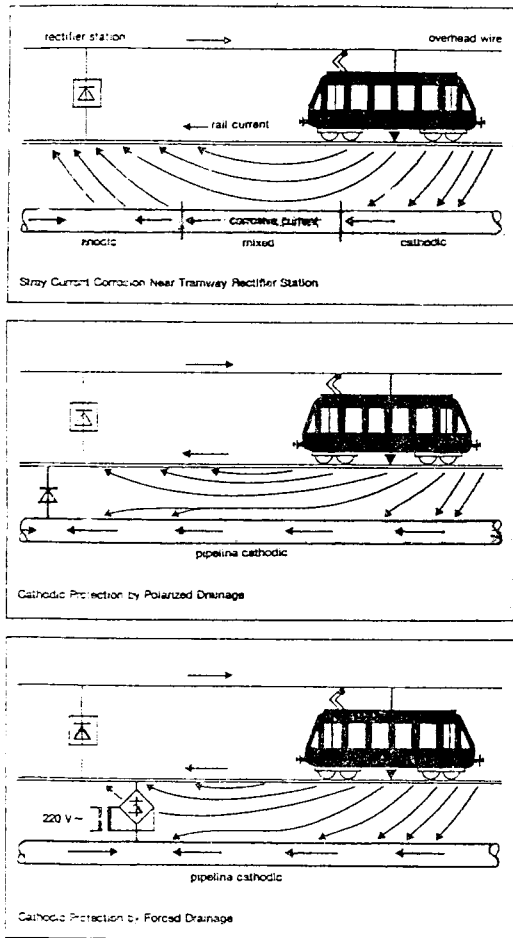


그림 14.

이런 현상은 3가지 類型으로 나타나게 된다.

1. 變電所 隣近地域에서는 配管은 陽極처럼 作用하게 되어 電氣分解로 腐蝕을 惹起시킨다.
2. 또한 이런 區間 卽 電流의 流入이나 流出이나 하는 것은 電鐵의 位置에 依據하며
3. 電鐵의 末端에서는 浮動電流는 配管에 流入하여 陰極과 類似히 되어 保護를 받게 된다.

이런 干涉을 豫防하기 爲하여 分極用 排流方法을 使用하게 되고(그림 14의 中間圖面參照) 이것은 配管과 浮動電流源間에 Bond 를 利用하여 排流시키는 것을 意味하게 된다. 卽 이런 方法으로서 浮動電流를 電解質인 土壤을 通하지 않게 하여 腐蝕을 防止하게 되는 것이다. 附隨의 卽 Diode 或은 繼電器等을 設置하여 電流의 逆流을 抑制하게 되고 電鐵變電所의 (-)側 BUS BAR 에 浮動電流의 流入을 豫防하게 되는 것이다.

以上의 方法으로 全體浮動電流의 逆流 防止가 不可能한 境遇는 強制로 歸環回路를 만들어주는 方法, 所謂 強制排流方法을 使用하게 되며 卽 腐蝕防止의 改良을 하게 되는 것이다(그림 14의 下部 圖面參照) 主回路에 接續되는 整流器에 浮動電流歸環回路를 連結시키게 되며 이런 強制排流方法을 利用하면 浮動電流가 많은 地域에서도 長距離配管設備까지 保護가 可能하게 된다.

여기서 浮動電流의 密度는 運行되는 電鐵의 種類 및 配車時間等에 따라서 크게 變動되며 配管線路 및 軌道에 電位變化를 超來하게 된다 이런 不安定된 狀態를 電氣防蝕으로 安定되게 하기 爲하여는 電流를 制限하고 定電壓 或은 定電流로 調整할 수 있는 整流器를 使用하여야 하며 外部電源防蝕을 한 直流軌道의 整流器 隣接地域에서는 浮動電流의 干涉이나 抑制를 爲하여 電壓調整用 整流器를 主로 利用하게 된다.

이러한 浮動電流가 많고 變化가 甚한 地域에 對한 設計나 施工은 相當한 經驗과 專門知識을 가진 技術者로 專擔시켜야 하며 整流器設置場所의 位置決定 및 整流器 容量設定 等은 配管과 對地間의 電位, 線電流, 軌道와 配管間의 電位差 및 浮動電流의 干涉等의 測定結果에 따라 定하여지는 것이다(그림 13 浮動電流測定 例)

14. 配管設備上의 送電線의 影響

많은 動力 및 에너지의 所要는 自然的으로 高壓送電線 및 高壓配管設備를 增加시키게 되고 都市地域이나 農村地域을 不問하고 여러 갈래의 高壓線과 配管 施設을 할 境遇 隣接되거나 並行하여 長距離를 通過하게 되며 高壓線과 配管이 長距離를 並行할 境遇는 三相送電線의 中性點接地關係가 있어 不平衡이 發生할 時는 誘起磁場을 形成하여 配管線路에 危險한 誘導電壓을 誘起시킨다. 이 誘起電壓은 配管과 送電線과의 並行된 距離, 配管과 送電線과의 地上高, 配管에 塗裝된 塗裝材의 材質, 一回線鐵塔이나 或은 二回線, 多回線, 鐵塔上의 電線의 配列等의 諸條件에 依하여 달라지게 된다. 萬一低抵抗 中性點接地系統 送電線에서 一相地絡이 發生할 境遇, 地絡點과 變電所間에는 相當한 故障電流가 흐르

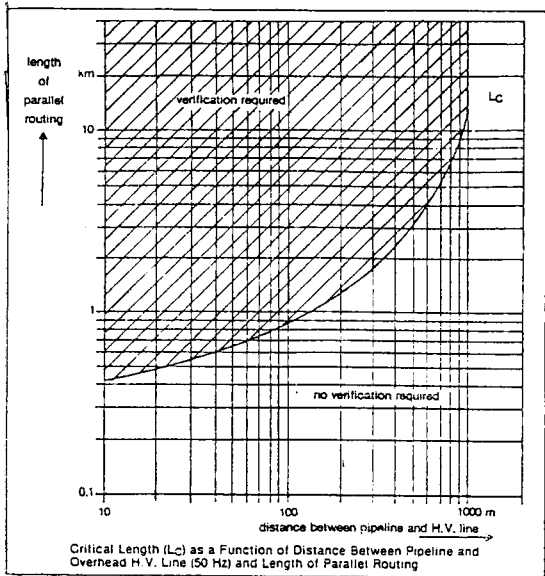


그림 15.

Type of interference	Contact Voltage	Measures
long-term	$U_c \leq 65 \text{ V}$	no measures required
short-term	$U_c \leq 1000 \text{ V}$	
short-term	$1000 \text{ V} < U_c \leq 2000 \text{ V}$	operational and design measures
long-term	$U_c > 65 \text{ V}$	limitation of contact voltage to 65 V or 2000 V by earthing rod, potential control or electrical isolation of location
short-term	$U_c > 2000 \text{ V}$	

Maximum Permissible Contact Voltage and Measures Required at 16 1/2 Hz and 50 Hz

그림 16.

게 되고 또한 이 구간에는強力한 磁場이 發生하여 境遇에 따라서는 配管이나 他電線路에 數千볼트 或은 그 以上の 過渡電壓이 생기게 된다 그림 15에 配管과 對地間의 誘起電壓展開의 現

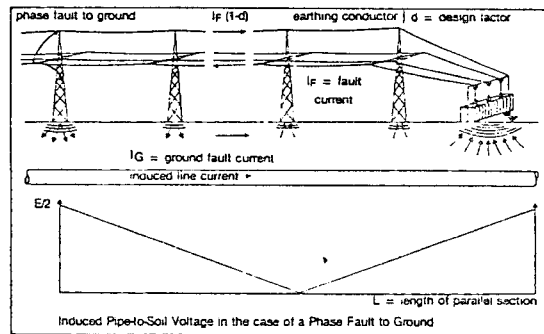


그림 17.

象을 보여주며 이 周期은 0.2~0.5秒間이다.

短期的이나 長期的이나 間에 電壓誘起現象은 地絡된 地點과 變電所間에서 最高電壓이 兩端에 發生되고 漸次減衰되어 中間地點이 가장 낮아지며 並行을 벗어난 區間에서는 發生하지 않는다. 그림 16에 措置할 事項을 보여주고 그림 17에 誘起電壓計算에 參考로 利用할 수 있도록 表示하였다.

現場에서 實際로 送電線과 配管이 長距離를 並行하는 境遇는 드물고 오히려 相互間隔은 不均一하며 往往, 橫斷하게되는 境遇가 많다. 이런 境遇에는 여러 方面으로 또 複合的으로 考慮하여 誘起電壓計算에 反映시켜야 한다.

電鐵의 饋電線에 對하여도 接地事故와 誘起電壓을 그 下部에 埋設된 配管設備에 對하여 考慮하여야 하고 電氣防蝕設備를 具備한 配管이 高壓에 依한 干涉을 받을 수 있는 어떤 區間에 對하여는 使用된 整流器 및 其他器具가 事故에 露出될 危險性을 勘案하여 絶緣階級을 높여주는 등의 措置를 하여야 한다. 卽 絶緣變壓器 및 silicon 內裝整流器를 使用하고 二次出力側(直流側)에는 Surge diverter의 直列蓄電器, 避雷器, Choke 및 蓄電器의 連結等으로 保護設備를 하여야 한다.