

전식(電食, electrochemical corrosion)에 대해서

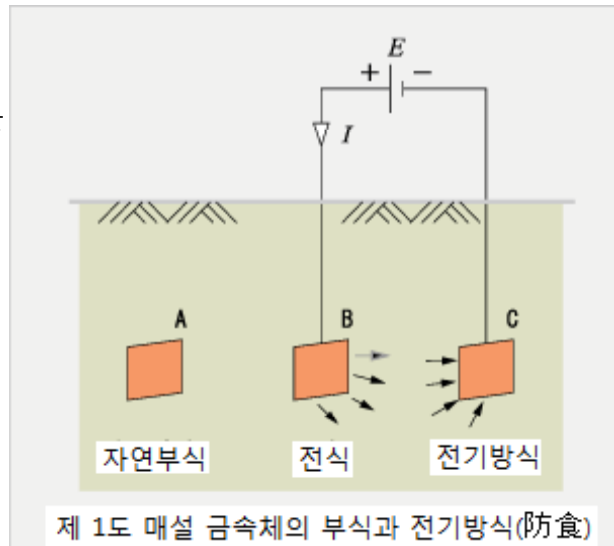
(社)日本電氣技術者協會, 片岡喜久雄(片岡技術士事務所 代表)

(주)태화이엔지, Yuk

1. 매설금속체의 부식

일반적으로 금속재료는 자연환경 중에서 사용 중에 부식하지만, 이것은 금속이 정전 전의 광식(산화물)으로 돌아가려는 작용이라고도 할 수 있고, 특히 지중에 매설된 금속체는 이 작용을 강하게 받는다.

제 1도에 나타낸 것처럼 3장의 표면을 연마한 철판을 지중에 묻어서 경과를 보면, A는 전체적으로 녹이 슬지만 그 정도는 B에 비해서 적다. 이것은 자연부식이라고 하고, 철판표면에서의 미소한 이종금속과 토양과의 접촉에 의한 미소국부전지작용(微小局部電池作用) 등의 화학적부식과 박테리아에 의한 것이다.



B는 A보다도 격하게 부식한다. 이것은 외부에 직류전원이 있고, 유입한 전류가 토양 중으로 유출하는 때 이온화한 철이 용출하기 때문이다.

이처럼 외부의 직류전원에 의해서 금속이 이온화해서 용출하는 부식을 전식(電食)이라고 한다.

C는 부식하지 않고 그대로이다. 이것은 C가 전기방식(電氣防食)을 받고있는 상태를 나타내고 있으므로 매설 금속체의 전기방식(電氣防食)으로서의 거의 모든 대책은 전부 이 원리를 따르고 있다.

2. 전식에 의한 부식량

전식은 전기분해(電氣分解)의 일종이고, 매설 금속체의 부식량은 파라디(Faraday)의 전기분해의 법칙에 의해서 구할 수 있다. 따라서 부식량은 그 금속으로부터 유출하는

전기량(쿨롱 <coulomb> [C]=전류[A]×시간[s])에 비례한다.

제 1표는 전식 피해의 대상이 되기 쉬운 주요금속의 전기화학당량과 1mA의 전류가 1년간 계속해서 흐른 경우의 부식량이다.

실제의 부식량은 금속의 표면에서 여러가지 화학반응을 일으키기 때문에 파라디의 법칙으로 산출한 부식량보다 적은 것이 많지만, 전력케이블의 전식에서는 천공(穿孔)사의 부식에 의한 주위의 허물어짐에 의해서 산출량보다 많게 되는 경우도 있다.

또한, 관로식 포설 케이블에서 철관내로 끌어 들인 비방식연피(非防食鉛被) 케이블은 연못과 같은 전식지대에 포설한 것이라도, 철관의 차폐작용에 의해서 30년 경과해서 철거 해도 부식은 전혀 생기지 않았다. 반면, 전식지대인 맨홀의 유수(溜水) 내에 포설된 케이블이나 접속부는 부식이 심해서 각종의 대책이 실시되었다.

제 1표 주요금속의 전기화학당량과 부식량

금속	전기화학당량 $\times 10^{-4} [g/A \cdot s]$	1mA의 1년당 부식량	
		중량 [g]	체적 $\times 10^{-6} [m^3]$
알루미늄	0.93	2.9	1.07
마그네슘	1.26	4.0	2.30
아연	3.39	10.7	1.50
철(2가)	2.89	9.1	1.16
동(2가)	3.29	10.4	1.17
납(2가)	10.74	33.9	2.99

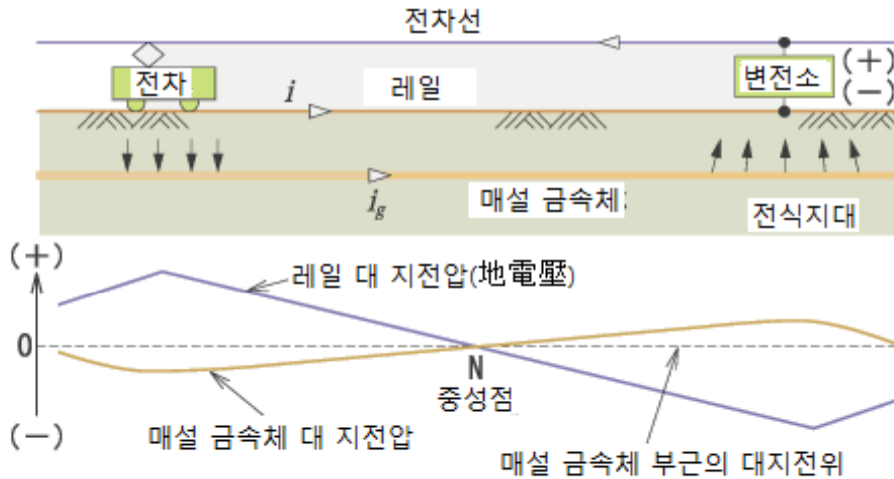
3. 직류전기철도에 의한 전식

전식의 원인이 되는 직류전원으로서 지자기(地磁氣)와 조류(潮流)의 상호작용에 의한 기전력에 의해서 해저케이블의 피복장비가 부식된 예도 있다. 그러나 전식 원인 중 큰 것은 직류전기철도의 레일로부터 누출되는 전류에 의한 것이다.

철도 레일은 어느 정도 접지저항을 가지고 있지만 완전하게 절연되어 있지는 않으므로 일부의 누출 전류는 지중을 흐르게 된다.

이 경우 궤도와 평행하게 관로나 케이블 등의 금속체가 매설되어 있으면 누출전류는 이것에 나누어 흘러서 전원 변전소 부근 혹은 금속체의 매설 루트가 궤로로부터 평면적으로 떨어져 나가는 것처럼 휘어진 부분 등으로 유출하고, 궤도로 환류한다.

이 때문에 이 부근 일대가 전식을 받을 위험이 있는 지대로 된다(제 2도 참조).



제 2도 직류전기철도 누전류에 의한 전식

직류전기철도에서는 소요전류가 크고 전차선 전압 1,500V, 15량 편성의 간선전차에서는 시동時 최대 전류 3,000A 정도가 된다. 이 때문에 극히 작은 비율의 누출전류에서도 그 절대값은 크게 된다.

또, 직류전기철도에서는 전차선쪽을 (+)극으로, 레일쪽을 (-)극으로 하고 있지만, 이것도 전식대책으로 이것도 전식대책이고, 이것을 반대로 하면 제 2도에서 전차선, 레일, 매설금속체 각각의 전류방향이 반대로 되어 전차의 주행에 의해서 궤도부근 전체가 전식지대로 된다.

4. 전식 방지대책

(1) 방식층의 형성

도장은 금속체를 대기로부터 절연하는 것과 함께 금속표면의 국부전지작용에 의한 부식도 방지하는 기본적인 방법이다. 지중매설관로 등에도 적용되지만, 이 경우는 포설時에 손상 받을 위험이 많으므로 도막은 두껍게 하고, 여러 층으로 하기도 한다.

전력케이블에는 1950년대부터 클로로프렌(Chloroprene)으로 대표되는 인조고무나 염화비닐 등의 플라스틱에 의한 방식층이 납피복, 알루미늄피복 위에 실시되는 것으로 전식대책은 해결하였다. 그러나 파이프형 OF케이블에서는 강관 내에 2MPa 정도의 고압절연유가 충전되어 있는 것도 있고, 에폭시 수지계로 여러 층의 강고한 방식층을 형성한 위에 더해서 전기방식(電氣防食)을 병용하고 있다.

(2) 전기방식(電氣防食)

① 유전양극법(流電陽極法)

방호대상 금속체 부근의 토양 중에 그것보다 자연전위가 낮은 마그네슘 등을 양극으로 매설하고, 양자를 접속하는 것으로 이종금속간의 전지작용에 의해 방식하는 것이다. 방식전류(防食電流)의 측정을 위해 중간에 터미널박스를 설치하는 것도 있다(제 3도 참조).

양극은 소모되는 것이므로 적시에 보충이 필요하고, 백필(Back fill)은 소모를 균일하게 하기 위한 것이다. 이 방식은 비교적 소규모의 전식이나 자연부식 대책으로 채용된다.

② 외부전원법(外部電源法)

토양 중에 전극을 설치하고 이것과 방식(防食)하는 금속체와 직류전원을 접속하고, 전극으로부터 전류를 유입시켜서 방식하는 것이므로 방식전류를 크게 하므로써 호안(護岸, revetment)의 시트파일(sheet pile) 등 대규모의 매설금속체의 對지전위가 일정하게 되도록 자동제어된다.

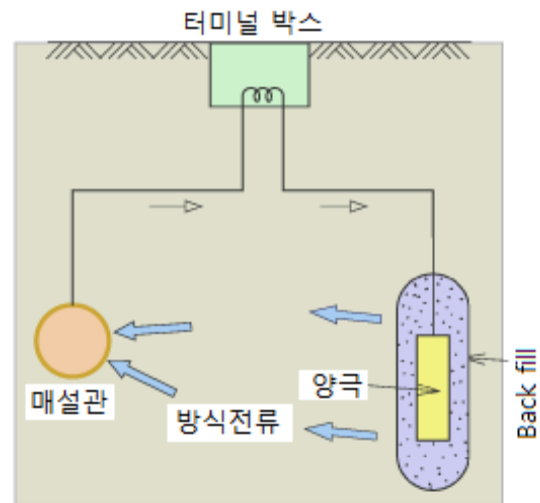
③ 선택비류법(選擇非流法)

직류전기철도로부터의 전식 대책으로서 넓게 채택되고 있으므로 매설관로 등 방식대상물의 對지전압에 대해서 레일의 對지전압이 낮은 경우에만 매설금속체 등과 레일을 접속하고, 반대의 경우는 분리하는 것이다.

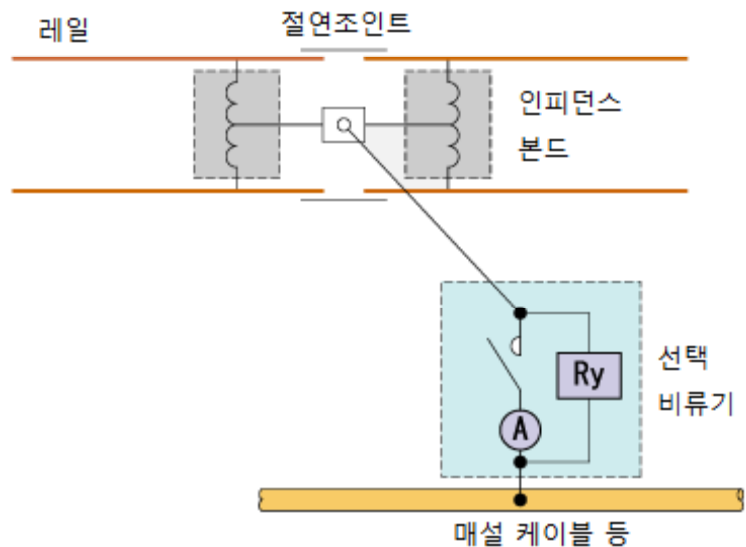
이것에 의해 매설관로 등으로부터 유출되는 전류는 토양 내에 흐르지 않고 직접 레일쪽으로 흐르기 때문에 전식이 방지된다(제 4도 참조).

레일로의 접속은 신호회로에의 영향을 피하기 위해 임피던스 본드(Impedance bond)의 중앙점에 접속한다. 그림에서는 극성계전기가 사용되었지만 최근에는 거의 반도체정류기가 사용되고 있다.

선택비류기의 전류용량은 30A~600A 정도이다.



제 3도 유전양극법(流電陽極法)



제 4도 선택비류법(選擇非流法)

5. 기술기준에 의한 규제

전기설비기술기준에서는 전기철도의 직류귀선(直流歸線) 및 전기방식시설에 대해서, 다른 공작물에 전식작용에 의한 장애를 미칠 위험이 없도록 시설하는 것으로 정해져 있다(제54조, 제78조). 이것을 받아서 전기해석(電氣解釋)에서는 상세한 시공방법이 정해져 있다(제 236조, 제 254~258조)

- 1) 전기방식회로의 사용전압은 직류 60V 이하로 한다
- 2) 양극은 깊이 75cm 이상의 지중에 매설하든가, 수중(水中)에 사람이 용이하게 닿을 수 없는 장소에 설치할 것
- 3) 지표 또는 수중의 임의의 1m 사이의 전위차가 5V를 초과하지 않을 것
- 4) 전기방식장치로 공급하는 전압은 저압으로, 사용변압기는 절연변압기, 일차쪽으로 개폐기와 차단기를 설치하고, D종접지공사를 실시한 견고한 금속성 박스에 수납할 것
- 5) 레일이 금속성관로와 교차 또는 접근하는 경우는 상호간격을 1m 이상으로 하든가, 사이에 부전도성 격리물을 설치하고, 전류가 양자간을 지중 1m를 통과하지 않으면 유통할 수 없도록 할 것
- 6) 귀선(歸線) 레일은 부(-)극성으로 하고, 토양과의 사이에 자갈, 침목 등으로 30cm 이상 격리할 것
- 7) 귀선(歸線) 레일로의 비류(非流)는 원칙으로 선택비류법에 의하고, 비류회로는 비류선과 방호대상관 및 귀선과의 접속점 이외는 대지로부터 절연할 것. - 끝 -

.)

3

fl

1

1

3

1