

# 전기방식

2009년

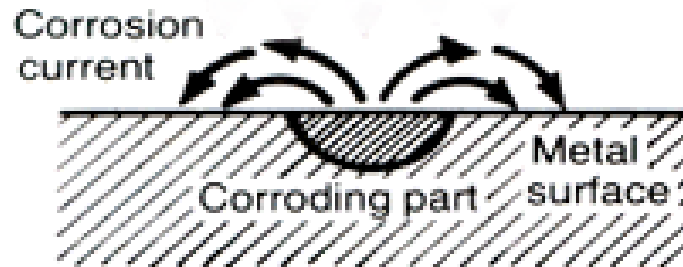


**코렐테크놀로지(주)**

# 1.0 전기방식이론

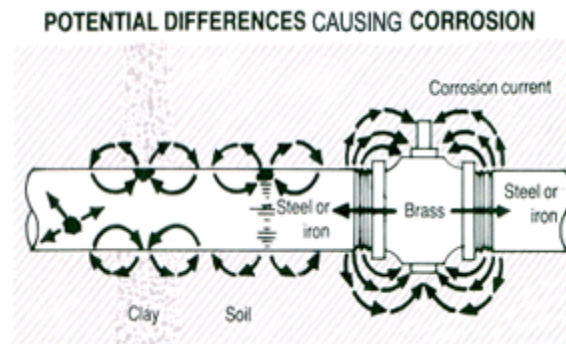
## 1.1 금속의 부식

금속의 부식에는 건식 (乾蝕)과 습식(濕蝕) 두 가지가 있으나 대부분 습식입니다. 습식은 금속이 해수 또는 토양과 같은 전해질 속에 있을 때의 부식으로서 전해질 속에 있는 산소의 농도, 금속 자체의 성분 또는 표면 상태에 따라서 금속 표면에 양극부와 음극부가 발생, 양극(陽極) - 전해질 - 음극(陰極)이란 전류 회로가 형성되어 Faraday의 법칙에 의한 양극부위에서 금속이온(Ion)이 용출 되는 현상을 말합니다. 부식은 일종의 전기화학 반응으로서 전기화학 이론에 따라 연구와 대책이 이루어지고 있으며 최근에는 많은 성과를 얻고 있습니다.



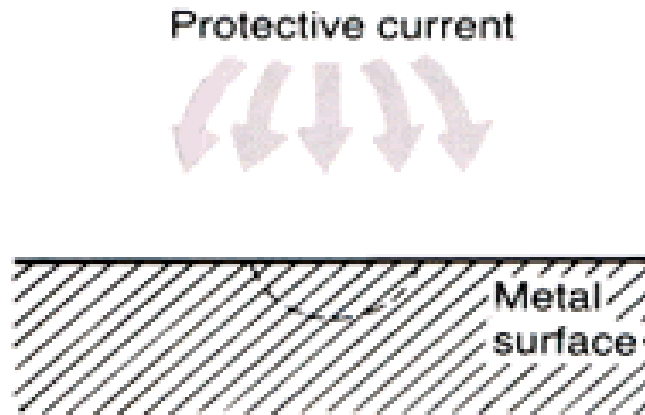
## 1.2 전기방식의 필요성

철 구조물에 대한 부식은 그 구조물이 있는 환경에 의한 화학적 혹은 전기 화학적인 반응에 따른 금속의 파괴를 의미하게 되며 특히 지하구조물이 습한 조건 하에서는 대부분이 전기 화학적인 반응을 보이게 됩니다. 이전기 화학적인 반응이 부식으로 나타나게 되며 근래 부식방지를 위하여 Polyethylene계 및 Epoxy계통의 도장(塗裝)재가 발전을 거듭하였으나 도장 및 Taping재질의 결함(Pinhole Crack연결부위의 피복불량 등)으로 완전한 도장을 기대할 수 없고 특히 용접부위는 급속한 열화로 집중부식이 우려됩니다. 전기방식이란 외관상 나타나는 부분은 물론 외부로 나타나지 않는 철 구조물 표면, 도장손상 부분도 보호하기 위하여 전기를 보내는 것을 말하며 철 구조물에서 방출되는 전자를 감소시키고 전위를 충분히 낮추어 +이온(Ion)발생을 억제 함으로서 보호하는 것을 의미합니다.



### 1.3 전기방식의 원리

전기방식(음극화방식)이란 금속 표면에서 유출하는 전류(부식전류라 칭함)의 반대방향으로 부터 충분한 전류(방식전류라 칭함)를 인위적으로 계속 흘려 보내 부식전류를 소멸시키는 방법입니다. 이러한 방식전류의 공급방법에는 희생양극(유전양극)방식 과 외부전원방식 두 가지가 있습니다.



## 1.4 전기방식의 종류

### 1.4.1 희생양극법(犧牲陽極法)

전해질 중에 철(피방식체)보다 더 저전위의 금속(예: 알루미늄, 마그네슘, 아연등)을 사용하는 방식으로 전기적인 접촉을 하여 방식하는 것을 말합니다.

(주: 희생양극법은 유전양극법(流電陽極法)이라고함.)



희생양극 원리

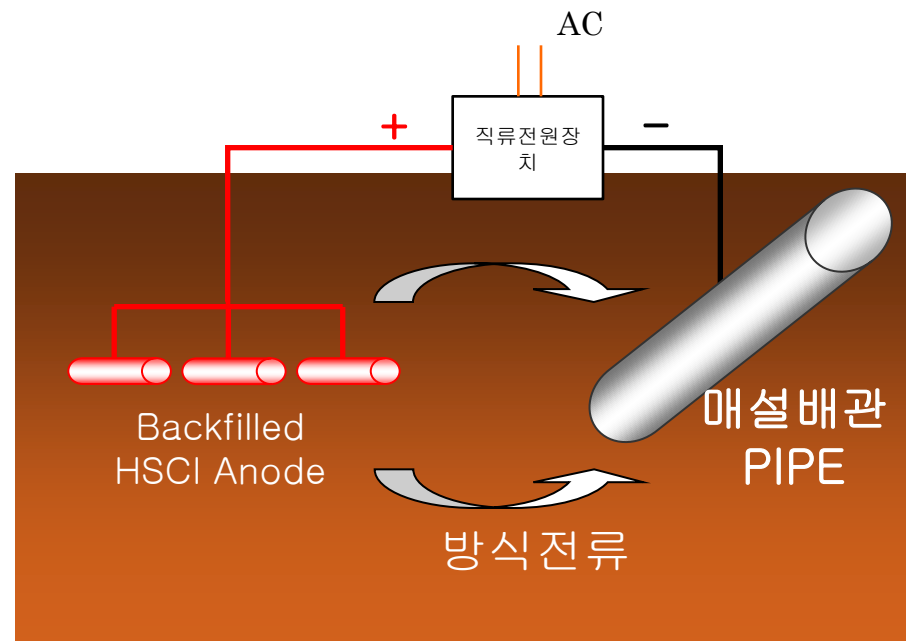


#### 1.4.2 외부전원법(外部電源法)

전해질이 되는 해수나 토양 중에 내구성이 있는 전극을 설치하고 이 전극을 직류전원장치의 +극에, 피방식체에는 -극에 연결하여 전극으로부터 전해질을 통하여 피방식체 표면에 방식전류를 공급받아 방식하는 것을 말함.



외부전원법 원리



## 2.0 전기방식이란?

### 2.1 부식

#### 2.1.1 부식의 정의

금속이 외부로 에너지를 방출하고 보다 에너지 전위가 낮은 상태(화합물)로 되돌아 가는 과정에서 물질자체가 변질하거나 혹은 물질의 특성이 변화되는 것을 부식이라고 한다.

#### 2.1.2 부식 메커니즘

대부분의 부식은 전기화학적 반응에 의한 부식으로써, 전기화학적 반응이란? 전자의 이동이 포함된 화학반응으로, 이와 같은 전기화학적 반응에 의한 부식이 일어나기 위해서는 다음 4가지 조건이 만족되어야 한다.

1)양극 (ANODE)

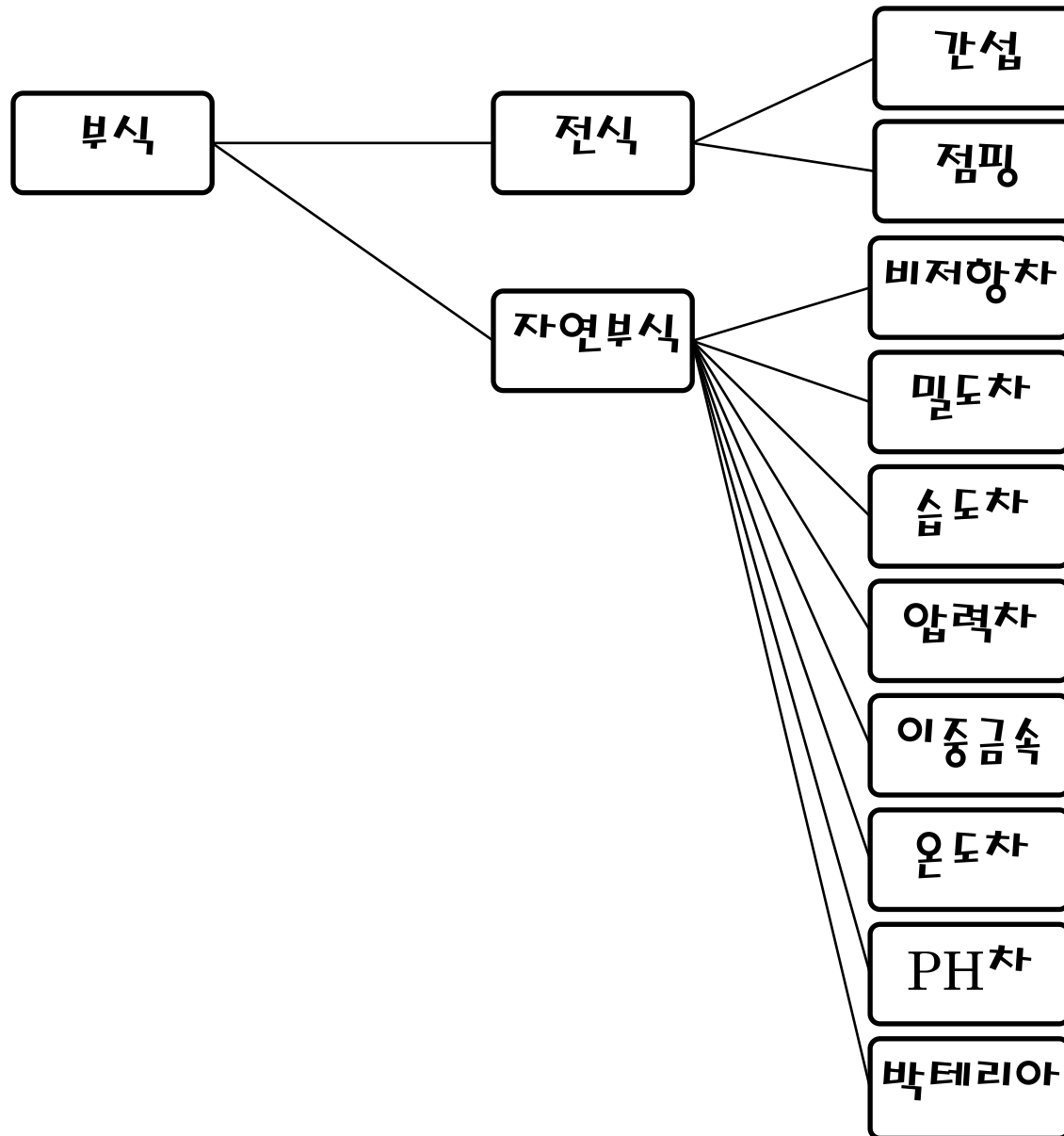
2)음극 (CATHODE)

3)전류경로 (ELECTRONIC PATH) 혹은 금속경로 (METALLIC PATH)

4)이온경로 (IONIC PATH) 혹은 전해질 (ELECTROLYTE)

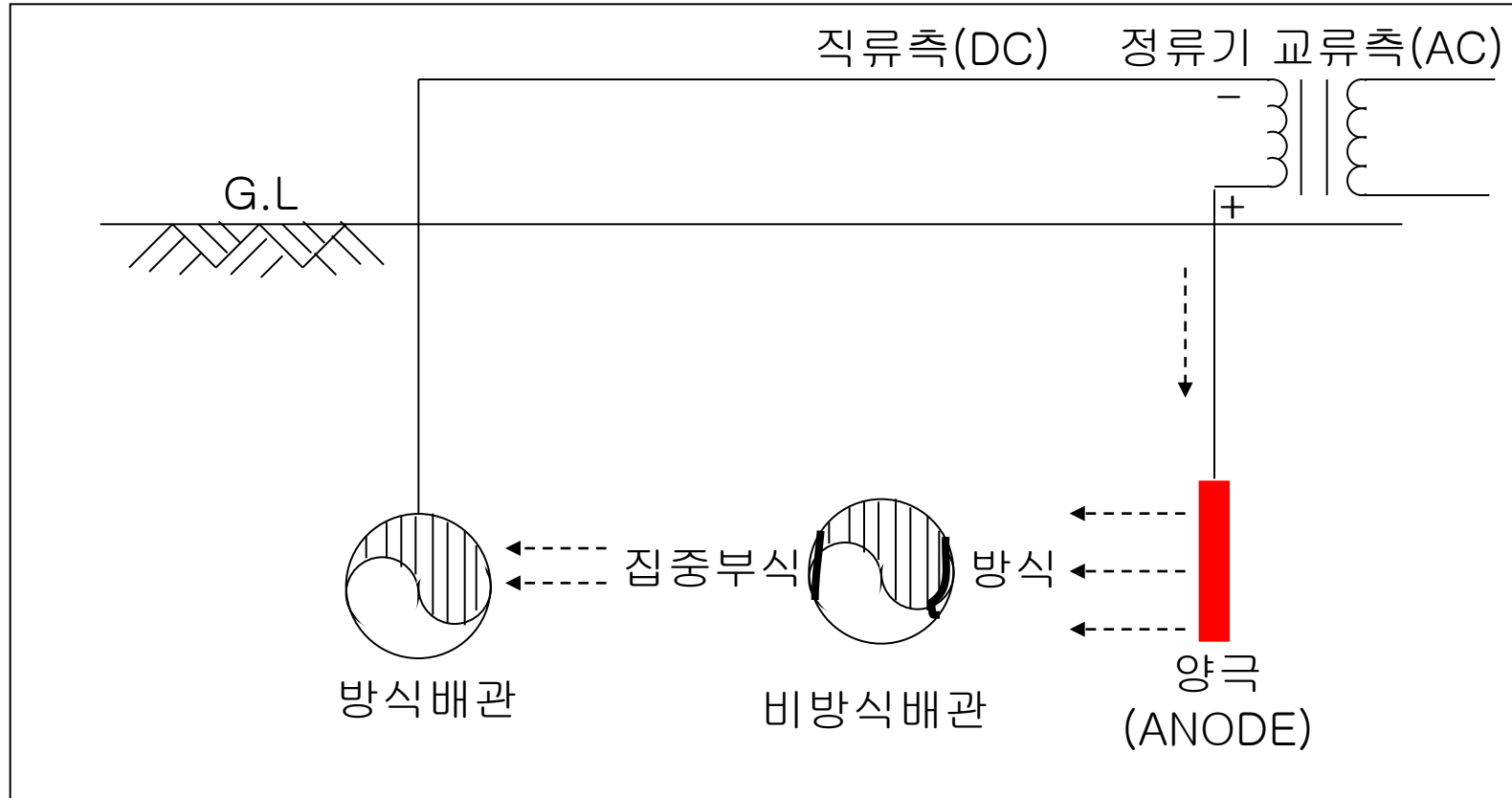
이상의 조건으로 구성된 조합을 부식전지라 부르며 이 전지의 음극-전류경로-양극-이온경로를 따라 전류의 흐름이 생기며, 전류의 흐름에 따라 양극에서 부식이 일어난다.

### 2.1.3 금속의 부식



## (1) 간 섭

### 1)요 약 도



2)간섭 관계법 : 전기설비 기술 기준령 제 286조

전식방지를 위한 지중관로 이격거리 1m 이상

3)간섭 방지방법 : - BONDING(방식대상 포함) : 전기적 연결

- 절연 시설, RESISTANCE BOX

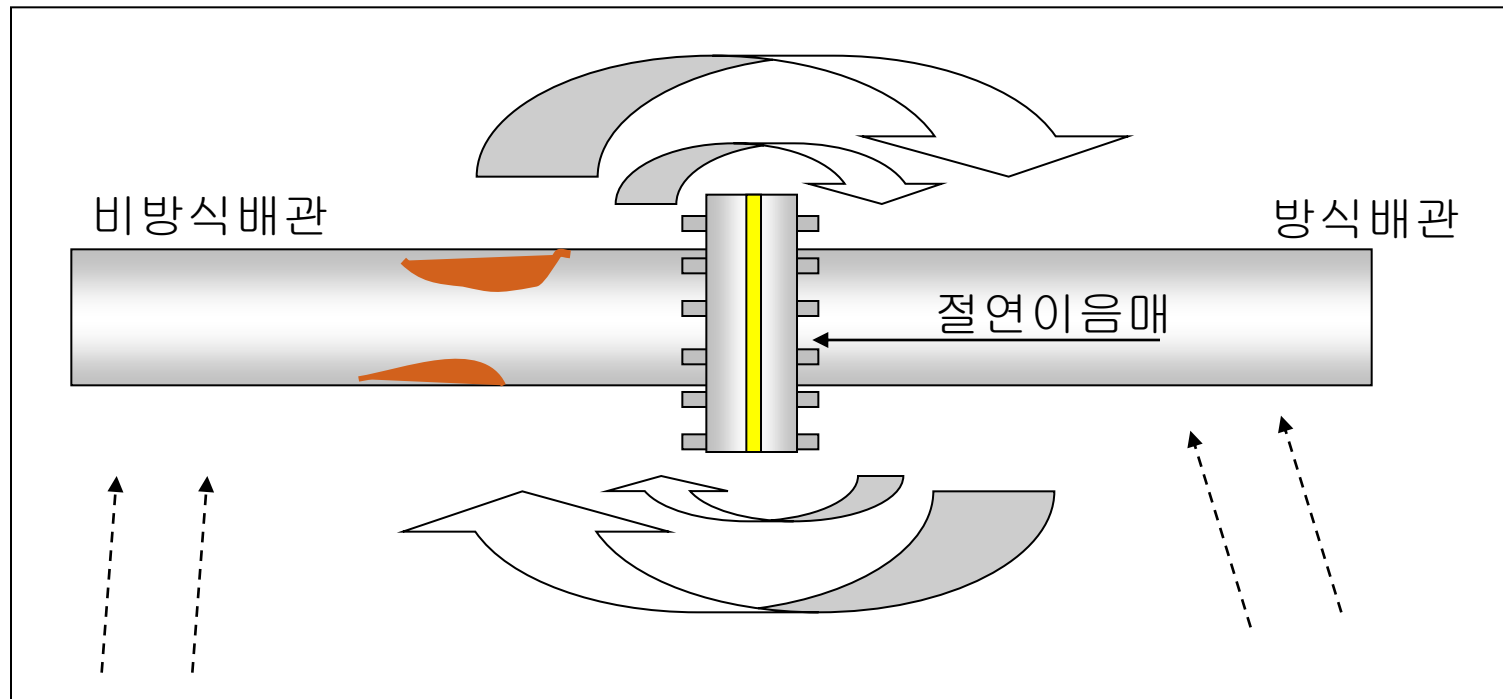


## (2) 점 핑 (JUMPING)

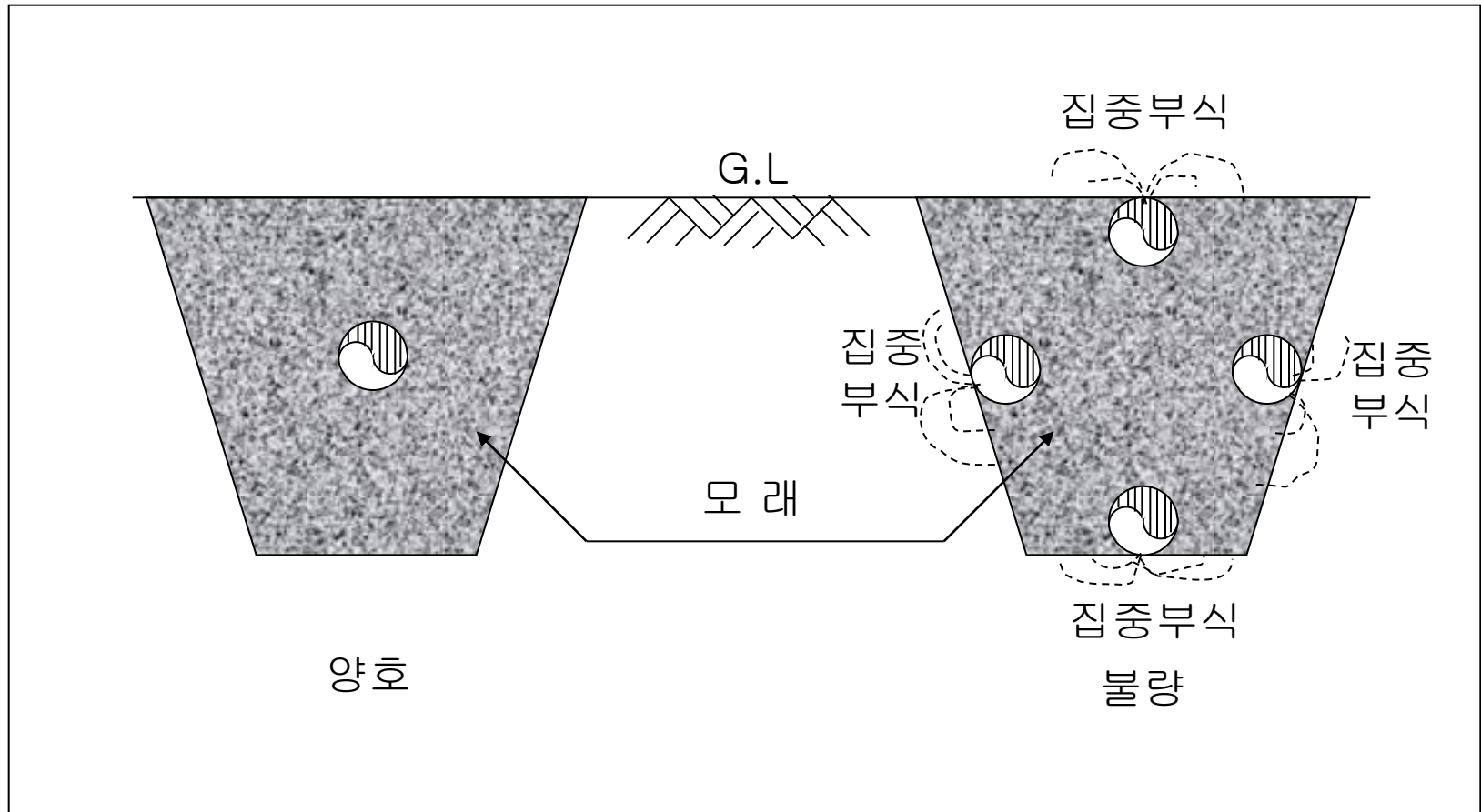
### 1) 요약도

### 2) 점핑 방지방법

- 절연 FLANGE BOX
- 비방식 구간 노출

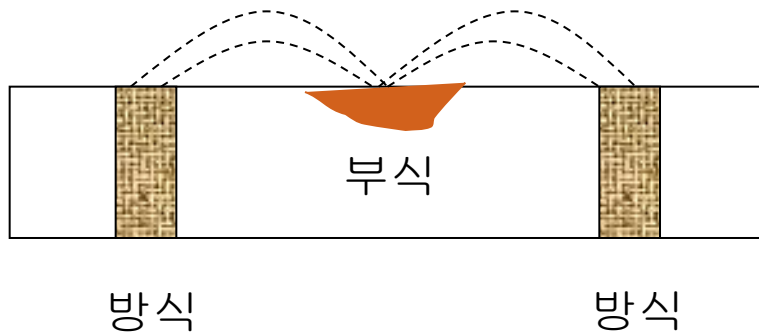


### (3) 비저항차

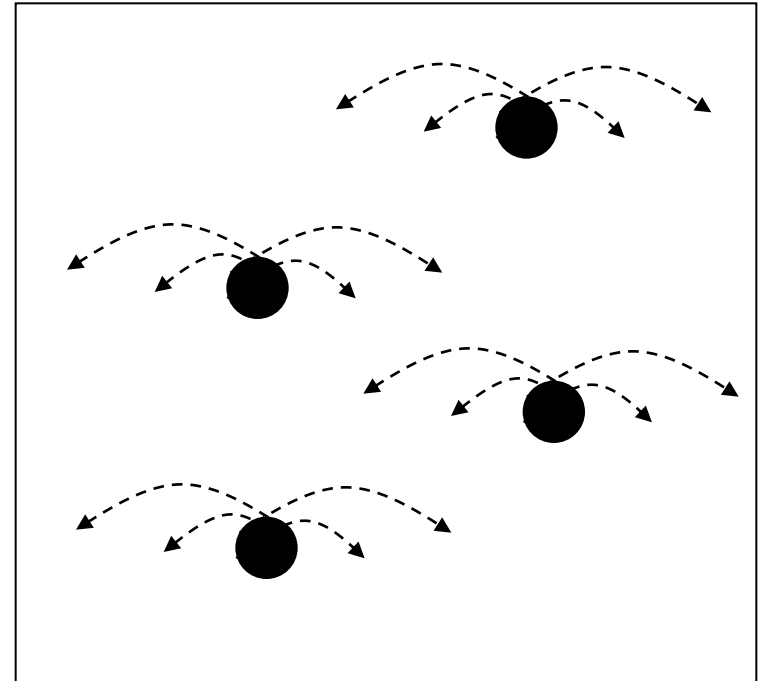


#### (4) 밀 도

단 면 도



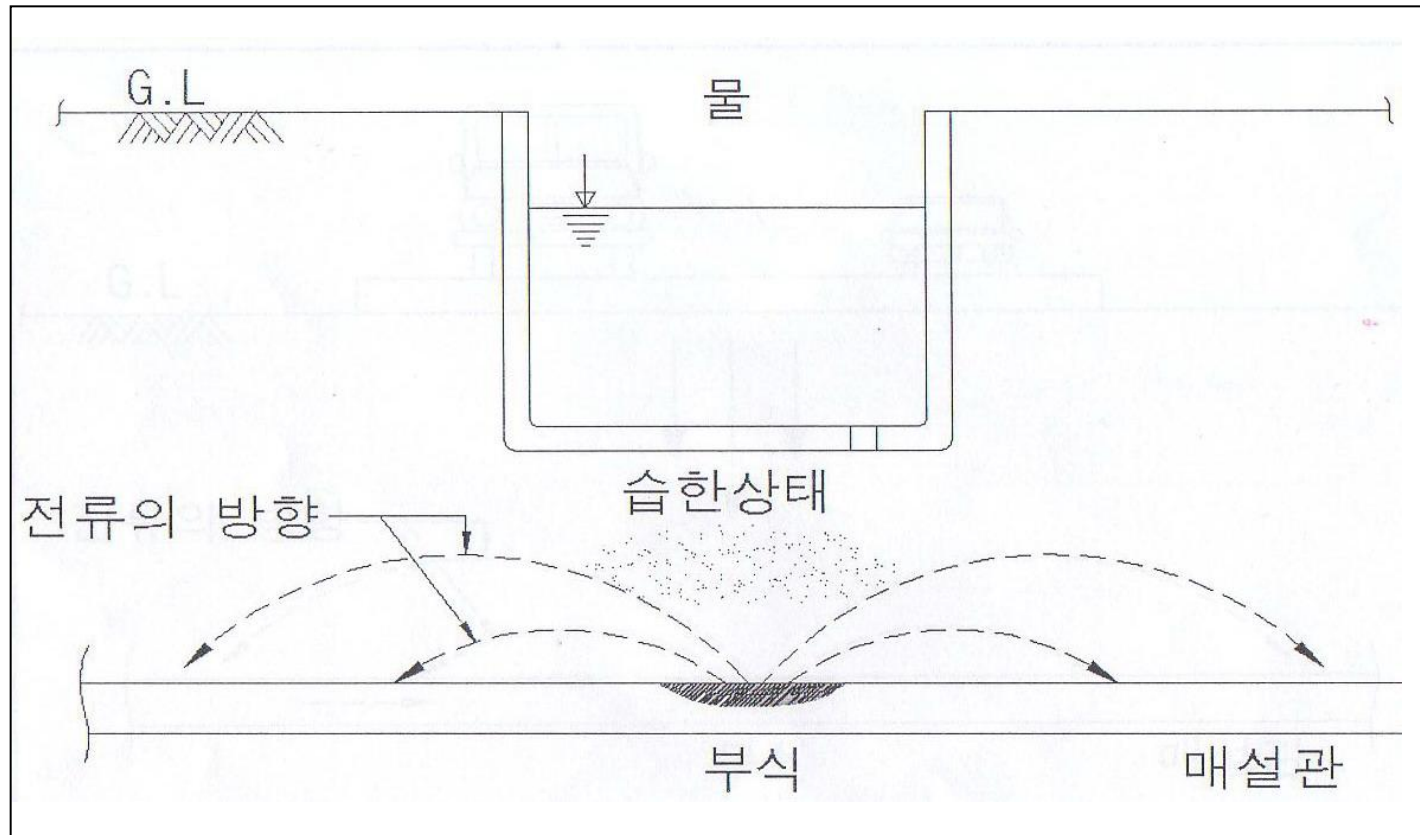
평 면 도



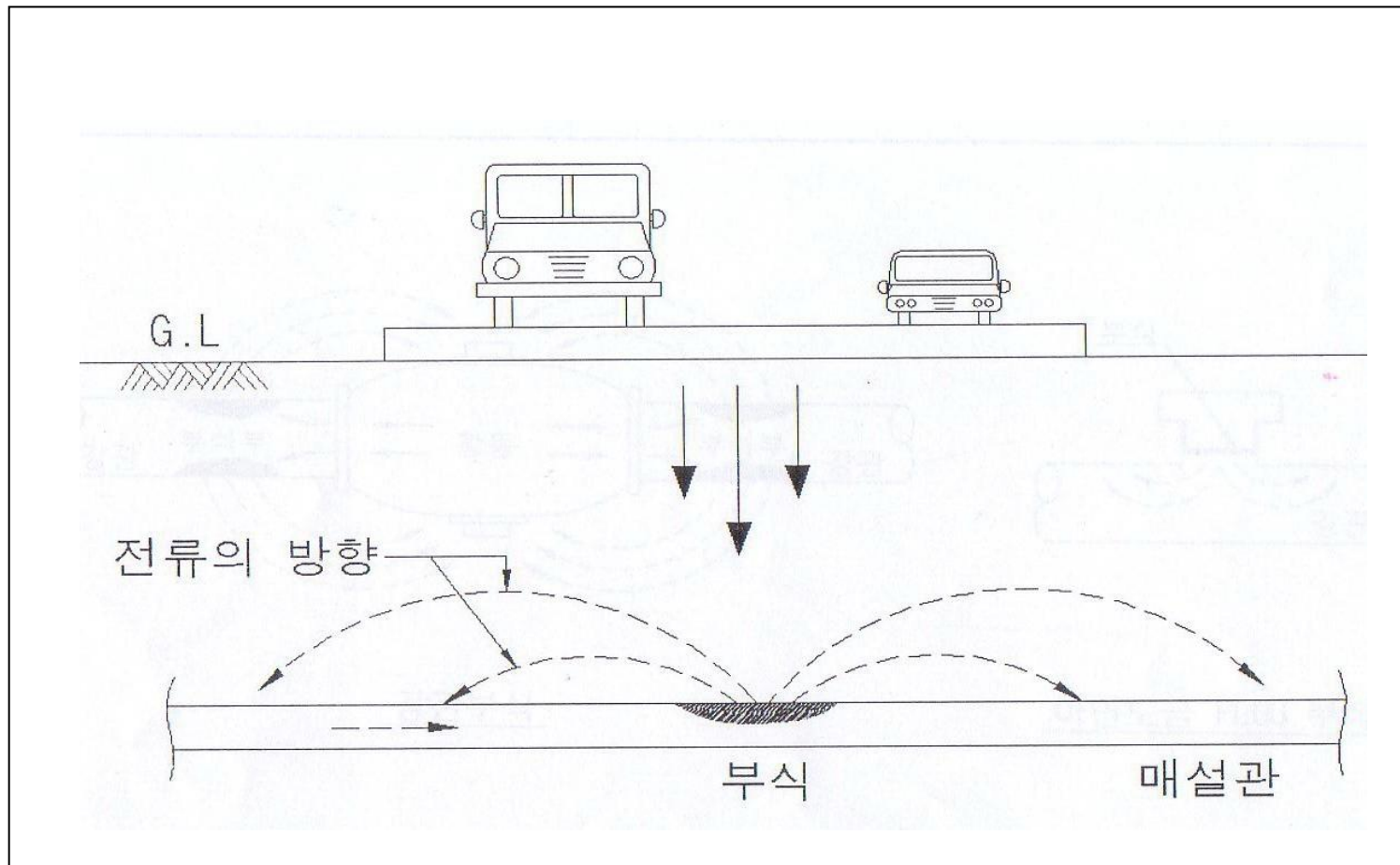
\*밀도가 높은곳 : 부식  
\*밀도가 낮은곳 : 방식



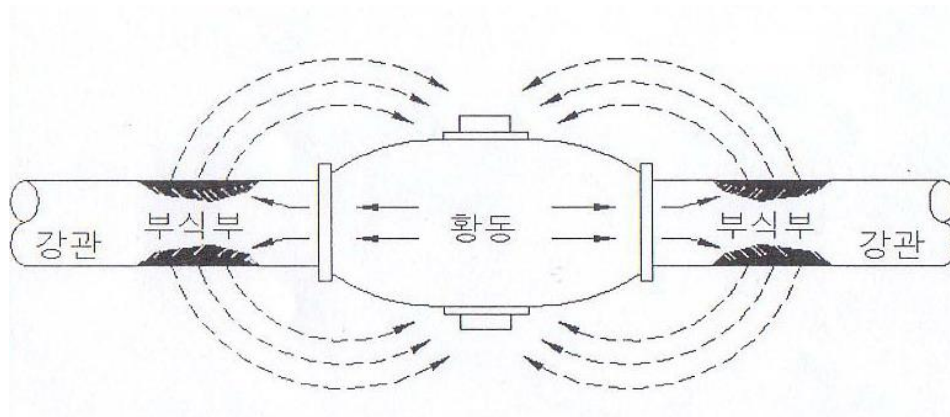
## (5) 습 도



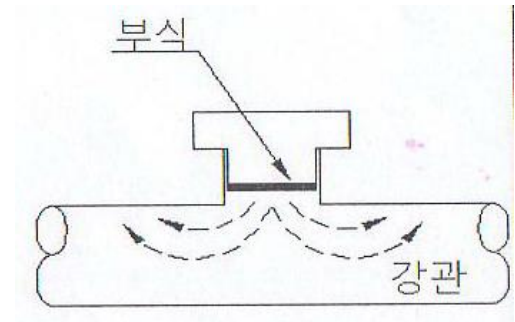
## (6) 압 력



## (7) 이종금속



강관부식



아연도금 PLUG 부식



(8) 온 도

- \* 60℃ 이상 - 온도가 높다 : 부식도가 높다
- \* 60℃ 이하 - 온도가 낮다 : 부식도가 낮다

(9) PH

- 4 ~ 8 알칼리성(PH8 이상) : 부식도가 낮다
- 산 성(PH4 이하) : 부식도가 높다

(10) 박테리아

- \*호기성 - 철 박테리아, 수소 박테리아,  
유황 박테리아
- \*혐기성 - 황산염 박테리아



## 2.2 전기방식

### 2.2.1 전기방식의 원리

금속의 부식은 토양이나 물 등 전해질 존재 하에서 부식 메커니즘에 의한 양극반응과 음극반응에 의해 일어나는 것이므로

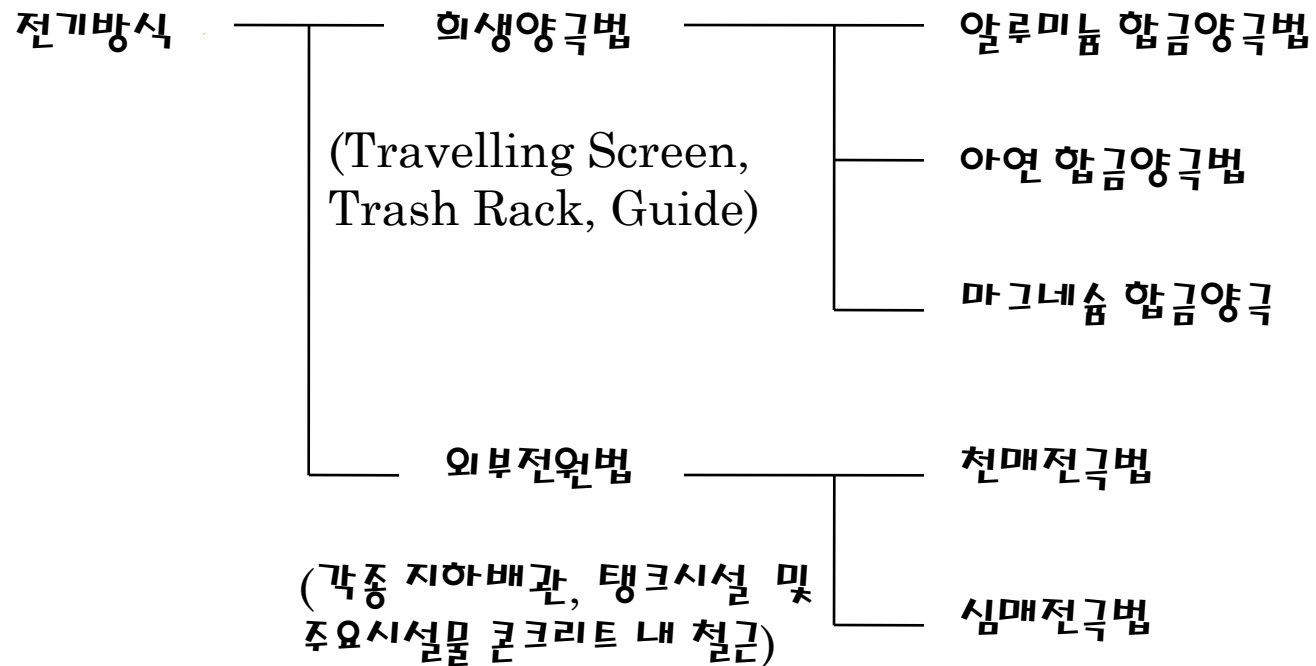
- (1) 금속구조물의 표면을 전해질과 차단 하거나
- (2) 양극부와 음극부를 분리 하거나
- (3) 양극반응의 진행을 억제

하는 모든 것이 부식방지법이나, 1)의 경우 실제 적용상 완벽한 차단이 어렵고, 2)의 경우 미시적 부식전지에 의한 부식에는 적용할 수 없으며, 3)의 경우가 가장 널리 채택되고 있으며, 이를 전기방식 (음극방식) 이라고 부른다.

금속의 부식은 금속 표면에서 전해질을 통하여 전류가 유출 할 때 일어나는 현상이므로 금속 표면에 전해질을 통해 직류전류 (방식전류) 를 유입시켜 유출전류 (부식전류) 를 소멸시키면 부식은 방지된다, (양극부에 전류를 유입시켜 음극화 시키면 부식은 방지된다.)



## 2.2.2 전기방식의 구분

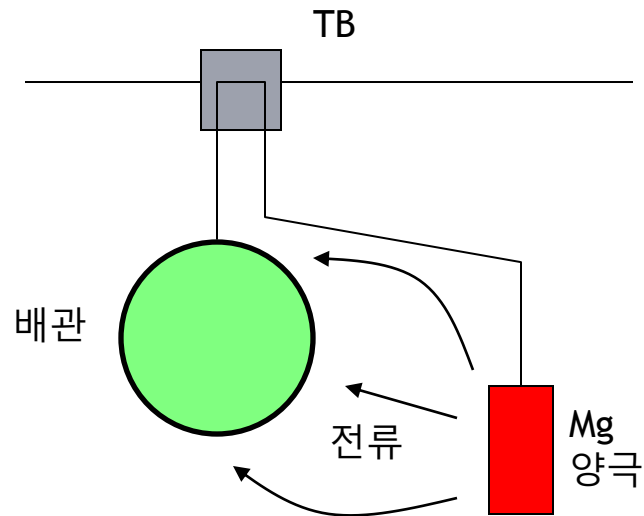


## 2.2.3 희생양극법 (유전양극법)

### (1) 희생양극법의 원리

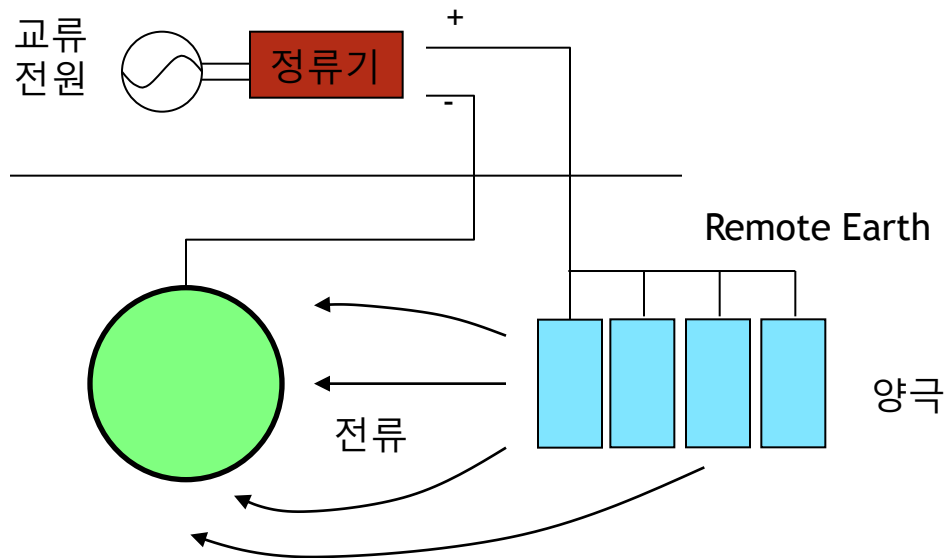
### (2) 희생 양극법의 설치 조건

- 알루미늄 합금양극 : 해수
- 아연 합금양극 : 갯벌, 담수
- 마그네슘 합금양극 : 토양

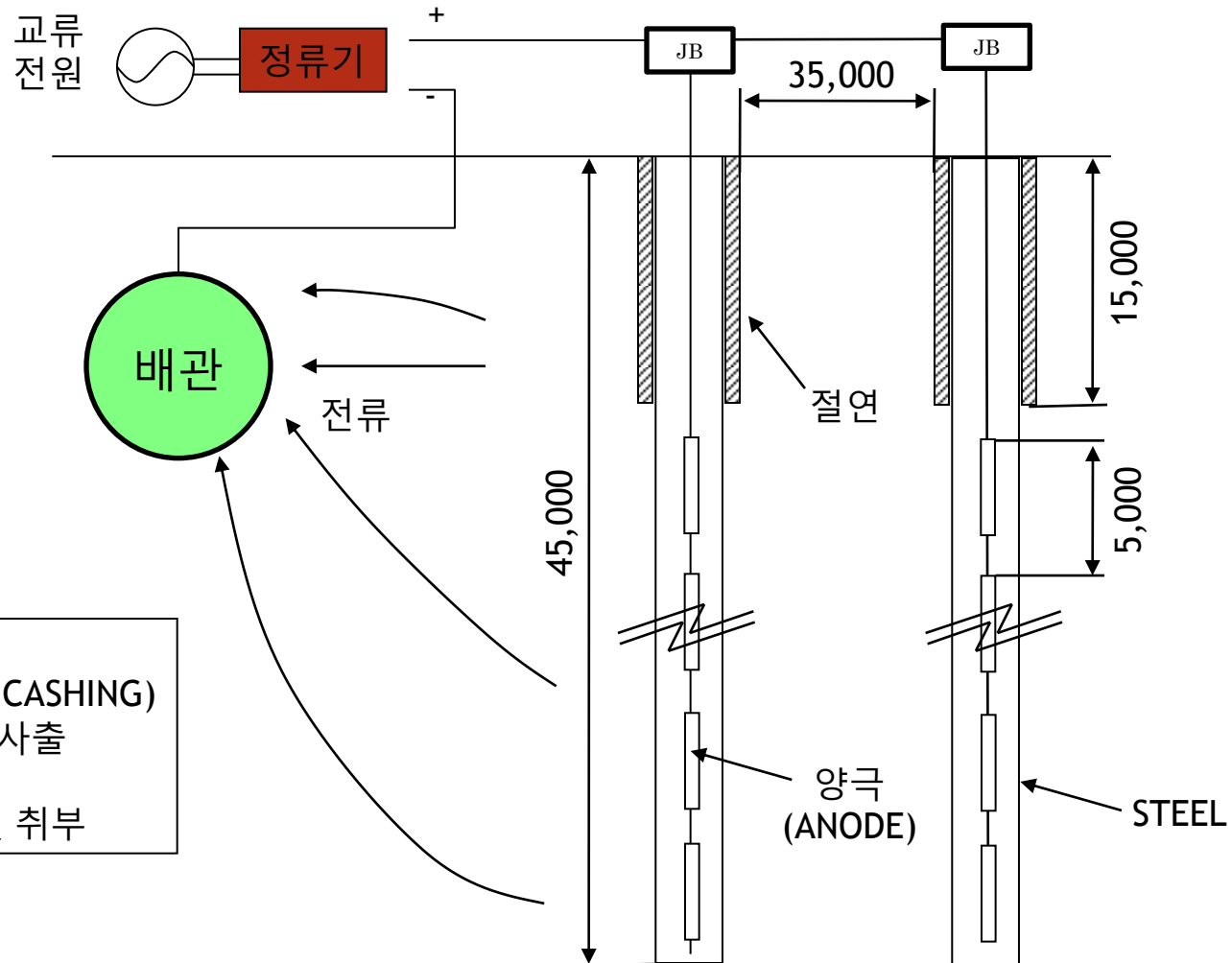


## 2.2.4 외부전원법

### (1) 천매전극법 ( SHALLOW ANODE BED)



## (1) 심매전극법 ( DEEP WELL ANODE BED)



\* 주요사항

- 절연부위 (OUT CASHING)
- COKE-BREEZE 사출
- IN CASHING
- ANODE 연결 및 취부



## 2.2.5 희생양극법과 외부전원법의 장/단점 비교

| TYPE  | 장점                                                                                                                                                                                               | 단점                                                                                                                                                                                                                              |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 희생양극법 | <ul style="list-style-type: none"> <li>*설치방법이 간단하다.</li> <li>*방식대상체가 작은 경우 경제적이다.</li> <li>*금점 타배관에 간섭이 없다.</li> <li>*과방식의 염려가 없다.</li> <li>*외부의 전원이 필요없다.</li> <li>*유지관리비가 적다.</li> </ul>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>*방식효과가 적다.</li> <li>*방식대상체가 클 경우 비경제적이다.</li> <li>*양극의 소모로 인하여 일정기간이 지나면 보충해야 한다.</li> <li>*방식전류의 조절이 곤란하다.</li> <li>*비저항이 낮은 물이나, 토양환경 외에는 활용하지 못한다.</li> <li>*양극 설치 수량이 많다.</li> </ul> |
| 외부전원법 | <ul style="list-style-type: none"> <li>*방식 효과 범위가 넓다.</li> <li>*방식대상체가 클 경우 경제적이다.</li> <li>*양극의 소모가 적다.</li> <li>*전압, 전류의 조절이 쉽다.</li> <li>*양극 설치 수량이 적다.</li> <li>*비저항으로 인한 제한이 적다.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>*방식대상체가 작은 경우에는 초기 투자비가 많이 든다.</li> <li>*과방식에 주의해야 한다.</li> <li>*금점 타배관에 대한 간섭을 준다.</li> <li>*외부의 전원이 필요하다.</li> <li>*유지관리비가 필요하다.<br/>(전력비, 인건비)</li> </ul>                             |

## 2.3 방식전위 기준

| 종류                                               | 방식 기준 범위           | 비고 |
|--------------------------------------------------|--------------------|----|
| 염화은( $\text{Ag}/\text{AgCl}$ ) 기준전극              | $-780\text{mV}$ 이하 |    |
| 유산동( $\text{Cu}/\text{CuSO}_4$ ) 기준전극            | $-850\text{mV}$ 이하 |    |
| 포화 감홍( $\text{Hg}/\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ ) 기준전극 | $-770\text{mV}$ 이하 |    |
| 아연( $\text{Zn}$ ) 기준전극                           | $+250\text{mV}$ 이하 |    |

◎ 철의 자연 전위 :  $-450\text{mV} \sim -650\text{mV}$  (유산동 기준전극 기준)

## 2.4 전식과 자연부식

| 구분    | 자연부식  | 전식    |
|-------|-------|-------|
| 부식생성물 | 있다.   | 없다.   |
| 부식면   | 매끄럽다. | 날카롭다. |
| 색깔    | 붉은색   | 흰회백색  |

# ECDA (External Corrosion Direct Assessment)

- ▶ 기본적으로 방식 (CP) 시스템과 피복 품질에 대한 검사
  - ▶ 기존 방식진단기술의 활용
  - ▶ 독립적으로 적용된 각 기술의 체계화, 평가기준 확립 기법
  - ▶ 부식 진행지점의 포착 확률 높임
- ▶ 방식시스템 거동
- ▶ 피복 품질
- ▶ 토양 부식성 검사
- ▶ 부식 진행 확률이 높은 지점을 직접 굴착 조사



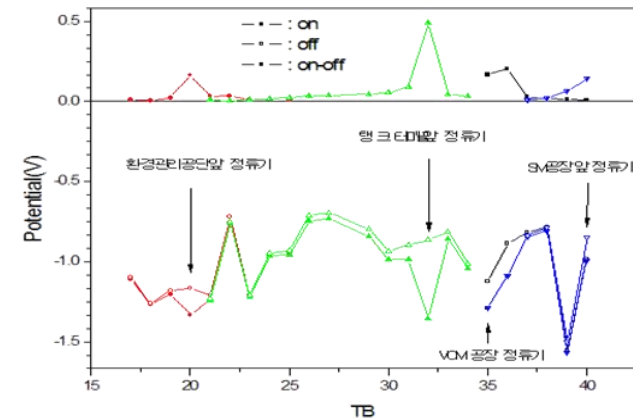
# ECDA PROCESS

| 단계                                  | 수행 내용                                                                                                           |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 단계: 사전 평가<br>Pre-assessment       | <ul style="list-style-type: none"><li>■ 과거 이력/데이터 분석</li><li>■ 검사 기법 선정</li><li>■ 검사 소구간(region)의 세분화</li></ul> |
| 2 단계: 간접 검사<br>Indirect Examination | <ul style="list-style-type: none"><li>■ 비굴착 검사 시행 (최소 두 가지 방법 동시 적용)</li><li>■ 검사 결과 판정</li></ul>               |
| 3 단계: 직접 검사<br>Direct Examination   | <ul style="list-style-type: none"><li>■ 굴착 구간의 우선순위 선정</li><li>■ 굴착 조사</li><li>■ 재검사 주기 결정</li></ul>            |
| 4 단계: 사후 평가<br>Post Assessment      | <ul style="list-style-type: none"><li>■ ECDA 공정의 효율성 검증, 보정/개선</li><li>■ 데이터의 문서화 관리</li></ul>                  |



# 간접검사 - 배관 방식 시스템 점검

- ▶ 방식시설물
  - ▶ TB, 정류기, 절연물, 양극
- ▶ TB의 건전성
  - ▶ 배관 리드선이 당해 회사 배관에 연결되어 있는가
  - ▶ 배관 리드선이 희생양극에 연결되어 있지는 않은가
  - ▶ 배관 리드선이 단선은 아닌가
- ▶ 정류기의 건전성
  - ▶ 정류기 리드선이 당해 배관에 연결되어 있는가
  - ▶ 정류기의 출력은 정확한가
- ▶ 정류기 영향 범위 조사
  - ▶ 정류기가 배관에 효율적으로 영향을 주고 있는가



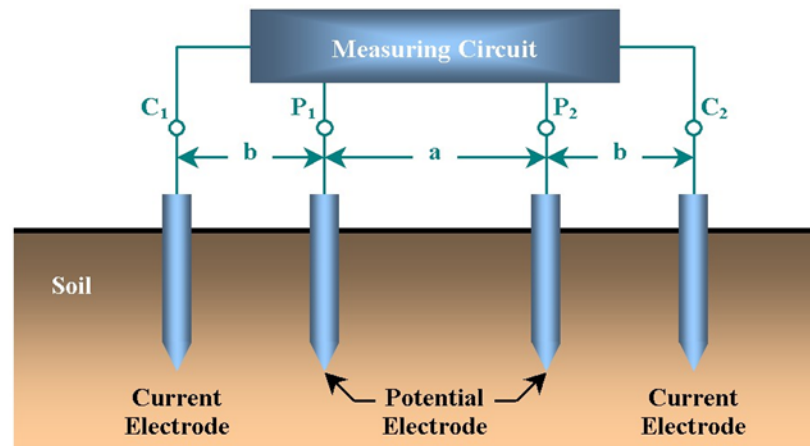
## 간접검사 - 토양비저항 측정

### ▶ 토양비저항 측정의 목적

- ▶ 토양비저항이 낮은 곳은 부식의 가능성이 큼 ( $< \sim 5,000 \text{ ohm.cm}$ )
- ▶ 토양비저항에 따른 배관 관리가 달라져야 함

### ▶ 측정 방법

- ▶ Wenner의 four pin Method
- ▶ 배관 심도에 따른 측정 및 계산이 필요
- ▶  $\sim 200\text{m}$  간격으로 비저항 측정



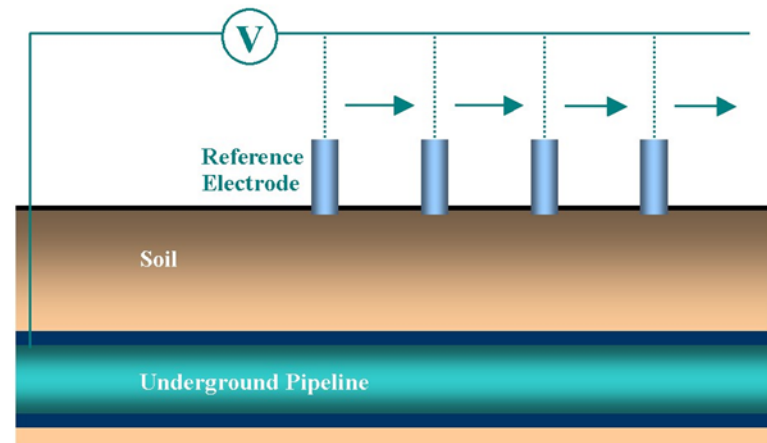
## 간접검사: 방식전위 측정

### ▶ TB에서의 전위 측정

- ▶ 대략적인 방식 상태 확인 가능
- ▶ 국부적인 방식 상태는 확인 불가능

### ▶ CIPS

- ▶ 배관 직상부를 따라 일정 간격으로 배관의 전위 측정(5~25m)
- ▶ 국부부식 확인
- ▶ 분극전위 측정
- ▶ 타시설간섭 측정
- ▶ 타시설 접촉 측정
- ▶ 배관종합진단



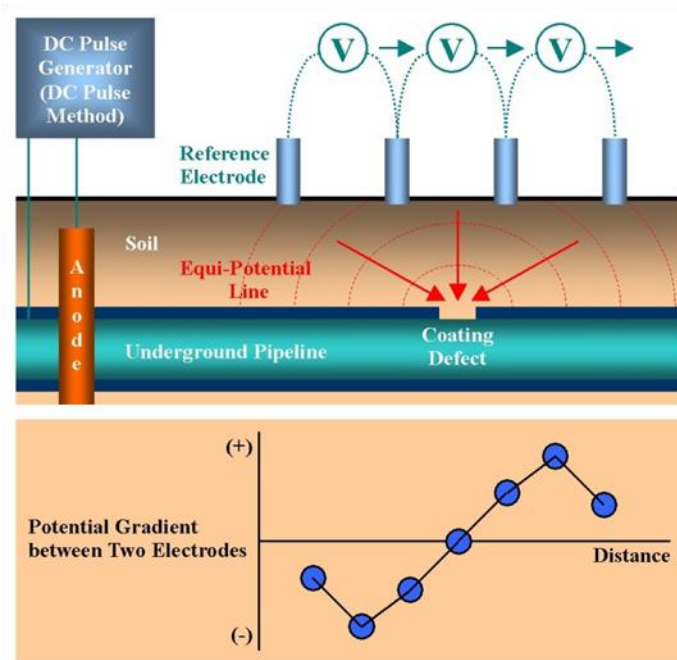
# 배관 피복손상 탐측

## ▶ 피복손상부

- ▶ 매설배관에서 부식은 근본적으로 피복손상부에서 발생할 수 밖에 없다.
- ▶ 기계적인 결함

## ▶ DCVG법에 의한 탐측

- ▶ 가장 정확한 피복손상탐측법
- ▶ 방식전류가 피복손상부로 집중
- ▶ 피복손상부 주변에 전위 구배 형성
- ▶ 전위 구배 탐측



## 굴착우선순위 판정기준 (예1)

| 1단계:<br>DCVG + 토양비저항                      |                | DCVG*  |          |       |     |
|-------------------------------------------|----------------|--------|----------|-------|-----|
|                                           |                | Severe | Moderate | Minor | NI  |
| 토양<br>비저항<br>( $\Omega \cdot \text{cm}$ ) | < 3,000        | I*     | S*       | S*    | M*  |
|                                           | 3,000 – 7,000  | I*     | S*       | M*    | M*  |
|                                           | 7,000 – 20,000 | I*     | S*       | M*    | NI* |
|                                           | > 20,000       | S*     | M*       | M*    | NI* |

| 2단계:<br>1단계 결과 + CIPS |          | 1단계 결과 |    |    |    |
|-----------------------|----------|--------|----|----|----|
|                       |          | I*     | S* | M* | NI |
| CIPS                  | Severe   | I      | S  | S  | M  |
|                       | Moderate | I      | S  | M  | M  |
|                       | Minor    | I      | S  | M  | NI |
|                       | NI       | S      | M  | M  | NI |



## 굴착우선순위 판정기준 (예2)

| 진단기법  | 위험도                               |                                         |                                  |
|-------|-----------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------|
|       | 하 (minor)                         | 중 (moderate)                            | 상 (severe)                       |
| CIPS  | 기타                                | $-0.75V < \text{off전위} < -0.65V$        | Off 전위 $> -0.65V$                |
| 토양비저항 | $> 10,000 \Omega \cdot \text{cm}$ | $5,000 - 10,000 \Omega \cdot \text{cm}$ | $< 5,000 \Omega \cdot \text{cm}$ |

| CIPS 위험도 | 비저항 위험도 | 최종 손상부 위험도 |
|----------|---------|------------|
| 상        | 상       | I 등급       |
| 상        | 중       | II 등급      |
| 상        | 하       | III 등급     |
| 중        | 상       |            |
| 중        | 중       |            |
| 중        | 하       | IV 등급      |
| 하        | 상       |            |
| 하        | 중       |            |
| 하        | 하       | V 등급       |

