

# 아파트 물탱크 및 수도배관의 부식과 방식

이의호/한국건설방식연구소 소장

한국건설방식연구소(소장 이의호)가 지난해 12월5일 건설회관에서 제1회 국제방  
식기술세미나를 개최, 건설업계의 관심을 모았다.

이 세미나에서 「아파트 물탱크 및 수도배관의 부식과 방식」에 관한 주제발표를 한  
이의호 소장은 국내 아파트의 급수관이 대부분 탄소강재나 철근 콘크리트재로 만  
들어져 부식이 급속히 진행되고 있으므로 이러한 부식현상을 예방하고 맑은 물을  
마시기 위해서는 내식성이 우수한 스테인레스강이나 고분자 강력 합성수지로 교체  
해야 한다고 주장했다.

## 서 론

아파트 단지에서의 가장 큰 문제점이라면 노후  
배관의 누수사고, 수도꼭지에서의 녹물, 그리고  
수압의 저하 등을 들 수 있다.

그동안 TV 화면이나 신문지상 등을 통하여  
수차례 이러한 문제점들이 거론되어 국민의 마  
음을 어둡게 하였으나 아직까지 뚜렷한 해결방  
안을 찾지 못하고 있는 것이 현실이다.

본고는 이러한 문제의 본질을 분석하여 명확한  
해결방안을 찾고, 아울러 경제성이 높은 방안을  
제안함으로써 신축하는 아파트는 물론 기존 아  
파트에서 각각 바람직한 시공 규정 및 보수 규  
정의 자료를 마련하고자 한다.

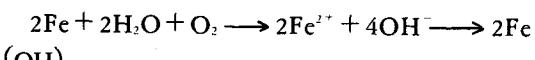
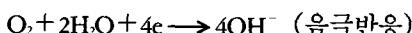
## 본 론

### 1. 배관의 부식과 방식 이론

#### 가) 탄소강재

##### (1) 철의 녹 발생 과정

탄소강재는 산소가 포함된 수증에서 표면이  
노출시 다음의 화학반응이 일어난다.



$\text{Fe(OH)}_2$  또는  $\text{FeO} \cdot n\text{H}_2\text{O}$  : 수산화 제1철 (녹  
색)

계속적인 산소의 공급시

$2\text{Fe(OH)}_2 + \text{H}_2\text{O} + 1/2 \text{O}_2 \rightarrow 2\text{Fe(OH)}_3$  : 수산화  
제2철  $\text{Fe(OH)}_3$ 는 물을 읽고  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (적색)이 된다.

$\text{Fe(OH)}_3 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  진행과정에서 산소가 결핍하면  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  형의 흑색 녹 발생.

따라서 녹의 단면은 녹색-흑색-적색층이 된다.

## (2) 철의 부식도 (Pourbaix의 pH-전위도 표)

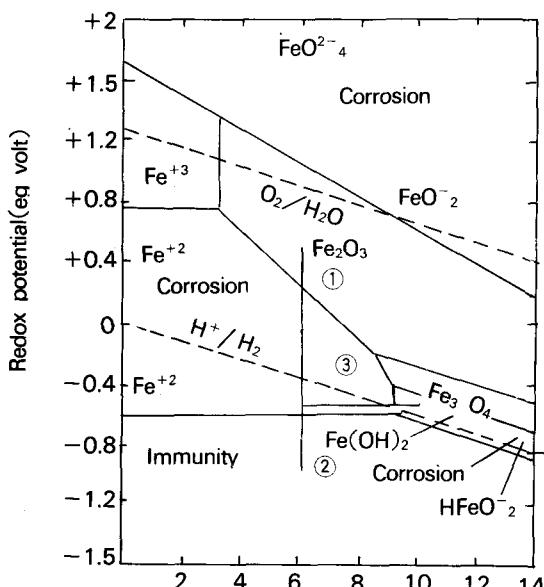
[그림 1] Fe에 대한 pH-전위도표 Fe농도=

$10^{-6}$  gram-atms per liter 온도  $25^\circ\text{C}$

①부동태화 : 양극방식

②환경변화 : 부동태화(pH 9.5~12)

③불활성화 : 음극방식



## (3) 방식법

⑦산소 및 수분의 접촉을 차단

도장 또는 도금 등에 의해 철의 표면을 부식성 환경과 차단하여 표면에서 전기화학적 반응이 일어나지 않게 한다.

⑧양극 보호법(Anodic Protection)

철 표면의 전위를 부동EH 전위 이상 올리든가

부동태화재(Anodic inhibitor)를 이용, 부동태 피막을 형성케 한다.

## ⑨음극 보호법(Cathodic Protection)

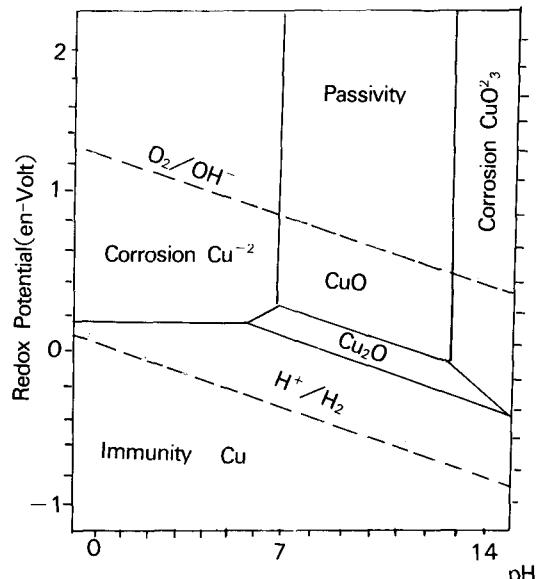
철 표면의 전위를 안정역까지 낮춤으로써 부식을 방지하는 방법

## ⑩환경 개선법

pH를 조정하여  $\text{Fe(OH)}_3$ 의 부동태 피막을 형성시키는 방법

## 나) 동과 동합금

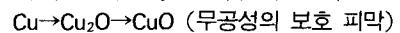
## (1) 동의 부식도



[그림 2] 리터당  $10^{-6}$  gram-atom의 Cu를 포함하고 있는 수용액에서의 구리에 대한 pH-전위도표

수소 전극 전위가 모든 pH 값에 걸쳐 안정역에 있으므로 공기와 접하지 않는 모든 산, 염, 알카리 용액에서 구리는 안전하다.

구리의 산화과정은 다음과 같다.



그러나 산소에 노출되면 산용액에선  $\text{Cu}^{2+}$  이온이 생성, 알카리 용액에선  $\text{CuO}_2^-$  이온이 생성 (그러나 pH 6.7~12.7에선 불용성의  $\text{CuO}$ 가 발생, 표면 보호)

$\text{CuO}$ 는 중성부근에서 내식성이나 유체의 속도가 빠르면 표면에서 떨어지므로 Erosion이 일어날 수 있다.

## 세미나 중계

Erosion은 pH 저하,  $\text{Cl}^-$  이온 증가시 증가한다.

\* $\text{NH}_4^+$  이온이 있는 액중에선 산화제가 없어도 Cu는 부식하며, 산화제가 있을시 심한 부식이 일어난다.

\*해수중에선 침식률이 0.02~0.005mm/Year로 낮아 해수 파이프에 Cu를 많이 사용. 그러나 오염해수중이나  $\text{H}_2\text{S}$  등에선 심한 공식발생

### 다) 스테인레스 강

스테인레스 강은 철에 Cr, Ni, Mo, Si 등을 적당한 비율로 합금하여 만든 내식성의 합금강이다.

#### (1) 페라이트계 스테인레스 강

- ⑦체심 입방 격자    ⑧18Cr-8Ni 강
- ⑨강 자성체            ⑩13Cr-0.5Mo 강
- ⑪13Cr 강            ⑫13Cr-2Ni 등

#### (2) 오스테나이트계 스테인레스 강

- ⑬면심입방 격자
- ⑭비 자성체
- ⑮Ni 10~20% - Cr 20~25% 강

#### (3) 스테인레스 강의 용접열화

용접 등으로 온도가 400~900°C에선 합금 성분 Cr이 탄소와 화합하여 탄화크롬 ( $\text{Cr}_3\text{C}_6$ )을 만들어 입계에 석출한다.

만약 Cr의 양이 12% 이하가 되면 부식성이 되어 집중 공식이 발생한다.

(650~750°C에서 가장 심함)

#### (4) 열화 방지법

①저 탄소계 스테인레스 강 사용

②Ni 증가(탄소 고용도 저하 효과)

③Ti, Nb 합금(탄소와 친화력이 크다)

④열처리(650~850°C에서 10~60분간 열처리)

## 2. 물탱크 및 배관의 부식문제 및 원인분석

국내 아파트 단지의 물탱크는 탄소강재의 탱크와 철근 콘크리트재 탱크가 대부분이며, 관재는 탄소강재를 주로 사용하였다.

○탄소강재 물탱크: 탱크 내, 외부 전면 부식

○철근 콘크리트 탱크: 철근 부식, 콘크리트 균열

○탄소 강재 배관: 아연도금강(백관), 흑관 공히 심한 부식 발생

### 가) 청수 및 오수계통

사용년수	단면감소율(%)	관벽두께감소(%)	수리여부
5	30~50	20~30	가능
10	70~80	50~70	일부가능
15	90 이상	60~90이상	불가(교체요)

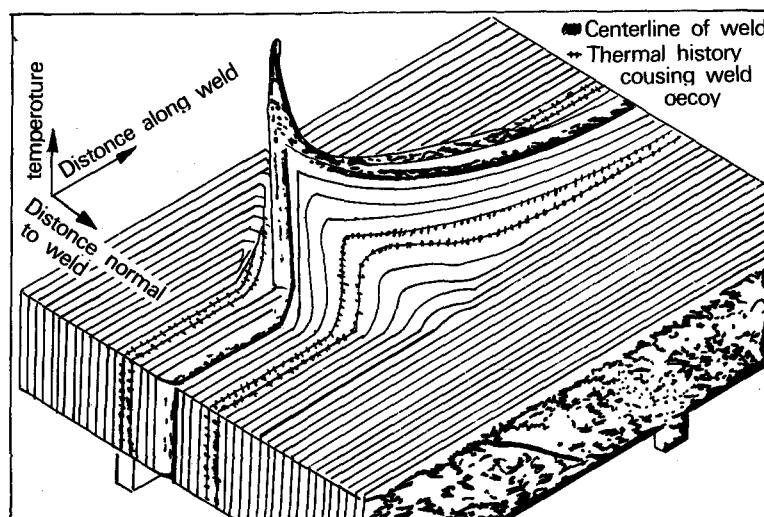
### 나) 온수계통

사용년수	단면감소율(%)	관벽두께감소(%)	수리여부
5	40~60	60~80	40~50 70~80 가능 불가
10	50~90	90이상	50~70 90이상 일부가능 "
15	90이상	95이상	90이상 95이상 불가 "

### 다) 원인분석

탄소강재는 표면에 수분이 접하는 상태에서 반드시 부식이 발생하며 그 속도는 용액의 종류, 유속, 온도 등 여러가지 요인에 따라 다르다.

[그림 3] 용접과 관련된 열흐름과 온도의 「테이블보 모양」



(예를들면 탄소강의 해수중 부식속도는 25mdd, 침식도는 0.12mm/y 정도)

아파트 배관의 두께는 대체로 2~5mm 정도로서 만약 3mm를 사용시 침식률 0.1mm/y를 적용한다면 관이 부식되어 관벽이 관통하는데는 계산상 30년이 소요된다.

그러나 일반적으로 관벽 두께의 감소가 50% 일 때를 수명으로 생각하므로 이 아파트의 배관 수명은 15년이 될 것이다.

### (1) 아연도금관(백관)의 부식 특성

백관이란 탄소강재 管을 아연으로 용융도 금한 관으로 수중에서 상당기간 동안을 철의 부식속도를 낮추는 효과가 있다.

그러나 그 기간이 5~10년을 초과하게 되면 아연의 방식효과는 상실하게 되며, 오히려 부분적인 공식발생으로 관의 파공을 촉진하여 수명을 단축시킬 수가 있다. (아연 내부의 불순물과 화합물의 전위가 철보다 Noble 할 때)

또한 백관 사용시 반드시 고려해야 할 사항이 있다. 즉, 수도물과 같은 담수중에서는 온도 범위가 6°C 내외가 될 때 아연의 전위가 철보다 귀하게 되어 부식되어야 할 아연이 보호되고 보호되어야 할 철이 부식된다는 사실이다.

이 현상은 1960년대 초반 독일의 과학자에 의해 발견된 후, 실제 산업현장에서는 철저히 적용되는 방식 자료이지만 그 이유는 아직까지 학계에서도 밝혀내지 못하고 있다.

따라서 백관을 아파트 단지의 온수 계통에 사용하는 것은 반드시 금지해야 한다.

그러나 우리나라의 건설업계는 과거부터 아파트에 백관을 전반적으로 사용하여 왔으며 최근에 전립하고 있는 아파트 단지에서 아직도 사용되고 있음을 보면서 방식공학을 전공한 본인으로서 부끄러운 마음이 크다.

이러한 백관의 부식문제는 실제 아파트 단지의 배관을 조사하는 과정에서 그 심각성이 크다는 것을 확인할 수 있었다.

### (2) 배관 보수시 교체관에서의 부식 특성

노후관을 보호하기 위해 일부 관을 치환했을 경우, 치환한 관에서 단시일 내에 심한 부식이

발생한다.

그 원인은 노후관의 표면은 분극현상에 의해 구관과 신관간에는 전위차가 커서 아주 빠른 속도로 전식(電蝕)이 발생하여 치환한 부분이 녹아 내리게 된다. 이때 구관은 부식이 방지된다.

### (3) 동관의 부식 특성

최근 일부 고급 주택 등에서 배관시 동관을 전반적으로 적용하는 예가 있다고 한다.

동관은 특성상 중성 용액 중에서 철보다 우수하여 선박등에서는 해수 계통 및 오수 계통에 많이 적용되고 있다.

그리고 선진 외국에서는 건물에 적용시 오수 계통이나 밀폐된 냉, 난방 계통에서 사용하는 예는 많으나, 식수 공급계통에는 사용을 자제하는 경향이 있다.

그 이유는 동 산화물은 인체에 극히 해로운 독극물로서 흐르는 물에 의해서 탈락되어 물에 함유될 수 있기 때문이다.

이러한 동 산화물은 선박에서 선체에 조폐류나 해초 등이 달라붙지 않도록 페인트에 섞어서 사용하기도 한다. (방오 페인트)

만약 탄소강재의 파이프를 사용한 아파트에서 개별적으로 동관으로 치환하였다면 동과 철간에는 전위차가 크기 때문에 동관과 연결되는 탄소강재 배관의 부식률은 아주 크게 된다.

만약 배관을 해야한다면 반드시 연결 부분은 여러가지 방법으로 전기적 절연시킴이 필수적이다.

절연방법에는 다음과 같은 것이 있다.

- ① 후렌지를 사용하며 사이에 절연 패킹 삽입
- ② 일정 길이를 고분자 합성수지계 관을 사이에 두어 연결하는 방법

③ 절연재 후렌지를 사용하는 방법

### (4) 스테인레스 관의 부식 특성

선진 외국에서는 최근에 많은 실험을 거쳐 생산된 스테인레스강재관을 건물의 배관으로 많이 사용하고 있다. 특히 수도물 공급용 배관 계통에선 고강력 수지계통 파이프와 더불어 권장하고 있다.

그러나 관의 품질에 대해서는 엄격한 규정을

## 세미나 중계

두어야 하며 반드시 규정치를 만족하는 우량의 관을 사용함이 바람직하다.

즉 스테인레스강재 배관은 작업성에서 문제가 다소 있을 수 있으며 또한 특수 조건에서의 공식성은 쉽게 배관의 공식사고를 유발할 수 있기 때문이다. (CI 이온이 많은 곳에서 공식 현상 발생)

### 3. 노후 탄소강재 배관의 청소 및 방식법

최근 국, 내외 공히 탄소강재 노후 배관에 대한 청소 및 방식기술이 다양하게 개발되어 소개되고 있으며, 국내의 다수 시공업체가 국외 기술을 도입하고 또 자체적으로 개발한 기술로서 시공을 넓혀가고 있는 실정이다. 소개된 방법은 대체로 다음으로 분류된다.

- (1) 청락+도장법
- (2) 외부전원법
- (3) 청락+외부전원법
- (4) 청락+도장+외부전원법

#### 가) 청락+도장법

국내에서 일부 청소업체가 시공하고 있다.

#### (1) 청락 및 청소

- ⑦샌드 브라스팅 법
- ⑧기계적 청락(청소기구)
- ⑨탈락된 녹은 흡입기로 제거
- ⑩압축공기로 내부 불어내기, 건조

#### (2) 도장재 및 도장법

##### <도장재>

- ①에폭시
- ②폴리에틸렌
- ③폴리우레탄
- ④징크 실리 케이트
- ⑤세라믹

##### <도장법>

- ⑥분무식 도장
- ⑦브러쉬 도장

#### 나) 외부전원법

음극 방식 원리를 적용하여 관 내부를 전기 방식 처리하는 방법. 즉, 불용성 양극을 후렌지 내부에 설치하여 외부에서 방식전류를 공급한다. (청락작업 생략)

#### 다) 청락+외부전원법

「나」항을 적용하기 전에 관 내부를 청소한 후

외부전원법 적용

#### 라) 청락+도장+외부전원법

「가」항에 외부전원법 적용. 이때 초기 시공비는 추가되나 전력소모는 극히 낮출수 있다.

### 4. 노후 배관 보수법

노후 배관의 보수는 크게 치환법 및 관벽 보강법으로 나눌 수 있다.

#### 가) 치환법

부식파손된 부분을 잘라내고 새 관을 용접으로 연결하는데, 이때 전위차에 의해 연결부가 쉽게 전식되므로 고분자 합성수지계 파이프를 사용하든가 절연성 후렌지 등을 이용하여 보수함이 바람직하다.

#### 나) 관벽 보호법

파손된 부분의 외부에 철 보수용 시멘트 또는 세라믹 보수재로 라이닝하여 파공부를 차단하고 관의 강도를 보강한다.

파공 규모에 따라 경제성이 변하나 부분 보수에선 경제성이 높으며, 보수 효과가 크기 때문에 권장 사항이다.

### 5. 바람직한 배관 시설 규정

응용 과학이 적용되는 시공 및 보수 규정은 항상 과학 발전에 따라 개정이 병행될 수 있는 융통성이 법적으로 보장됨이 바람직하다.

왜냐하면 모든 과학 발전은 경제성이 높은 쪽으로 발전하기 때문이다. 과학 발전에 대응하지 못하는 규정은 많은 경제적 손실을 의미한다.

※ 강산성으로 갈수록 60°C에선 격렬한 부식

<이유>

①수중에 공기가 있을시 60°C에선 철과 아연의 극성이 역전(철의 심한 공식 발생)

②특히 탄산염이나 초산염이 있을 경우 전위차가 커진다.

③염화물이나 황산염은 극성 변화를 감소시킨다.

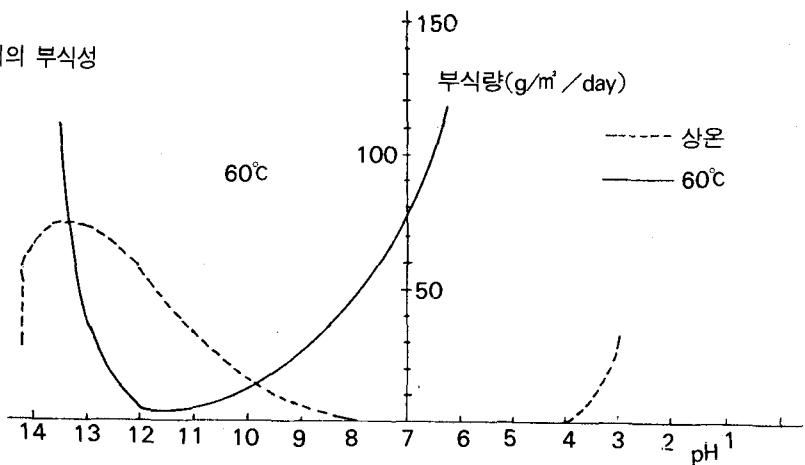
#### 가) 신설 아파트의 물탱크 및 배관

##### (1) 물탱크

[그림 4] Zn 피복강의 수중에서의 부식성

pH6 : 상온 - 2g/m<sup>3</sup> day  
60°C - 200g/m<sup>3</sup> day

pH14 : 상온 : 15g/m<sup>3</sup> day  
60°C - 200g/m<sup>3</sup> day



#### ⑦ 스테인레스 강재 탱크

① 탄소강재 탱크+인체에 무해한 중방식 도장+전기방식(외부 전원법)

② 철근 콘크리트 탱크+흡수성과 방수성이 우수한 무독성 중방식 도장

#### (2) 배관

① 스테인레스 강관(냉수, 온수, 오수, 난방)

② 강력 고분자 합성수지계 관(냉수, 온수, 오수, 난방)

③ 동관(오수, 냉난방)

나) 기존 아파트의 노후된 탄소강관재 물탱크 및 배관

#### (1) 물탱크

표면처리(샌드 브라스팅)+중방식도료 도장+전기방식

#### (2) 배관

① 관 내부 청소+중방식도료 도장+전기방식

② 외부 전원법 적용

③ 관내부 청소+외부 전원법

\* 상기 방법 적용시 방식 전문기관의 엄밀한 진단을 받아 선택함이 필요(경제성 향상)

## 결 론

탄소강재의 물탱크와 배관은 표면처리에 따라 다소의 차이가 있으나 반드시 일정률로서 부식이 진행되면 자연 조건에서 그 수명이 20년内外로 계산된다.

특히, 아연 도금관(백관)은 그 특성상 사용초

기에는 아연의 양극작용에 의해 관의 부식이 저지되나 도금층이 소모된 다음에는 흑관에 비해 공식성의 부식이 심하므로 장기적으로 볼 때 흑관에 비해 경제성이 아주 낮은 것으로 평가된다.

더우기 온수 계통에 사용시 특정 온도 구역에선 부식율이 흑관에 비해 월등히 높아 아주 짧은 기간에 심각한 부식 손상이 발생하게 된다. 따라서 아파트 단지의 물탱크와 배관에서 탄소강재의 사용은 지양되어야 하며 특히 아연 도금관(백관)의 온수계통 사용은 금지되어야 한다.

바람직한 재료로는 내식성이 우수한 스테인레스 강이나 고분자 강력합성수지계가 있으며, 동 및 동 합금계는 오수계통이나 냉, 난방계통에 사용시 우수한 내식성과 열전달률 때문에 추천되어야 한다.

그러나 스테인레스 강이나 합성수지는 물성에 따라 그 성능과 작업성에 문제가 야기될 수 있으므로 품질 규정을 엄격히 하여야 할 것이다.

기존 아파트의 노후 물탱크 및 배관은 내부의 녹을 완전히 제거한 다음, 최근 국·내외에서 개발된 중앙식도료는 도장하고 또 외부 전원법에 의한 방식조치를 할 때 더 이상 녹물을 마시지도 않을 것이며, 경제적인 건축관리가 가능할 것이다.

단, 방식대책의 선택 결정은 전문기관의 엄밀한 분석에 의할 때 경제적인 방법이 추천될 것으로 판단된다.

설비