

## 공동주택의 기계설비 및 배관 부식방지 기법

### The corrosion protective methods of mechanical equipment and pipe in apartments

백 춘 기  
C. K. Paek

대한주택공사 주택연구소 주택설비연구부



- 1950년생
- 공조설비의 계획과 에너지절약 시스템구성에 관심을 가지고 있다.

김 봉 옥  
B. O. Kim

대한주택공사 주택연구소 주택설비연구부



- 1964년생
- 공조설비의 계획 및 유지·관리 분야에 관심을 가지고 있다.

#### 1. 머리말

공동주택에서 기계설비분야의 민원발생 실태 조사에 의하면 가장 큰 문제의 하나는 배관과 물탱크의 부식으로 인한 수질오염이라 한다.

과거 공동주택의 음용수 배관재는 주로 백강관을 사용하여 왔으며 설비의 노후화와 수질환경악화에 따라 세대내 수도꼭지의 녹물발생이 사회문제로 대두되고 있다. 이에 대한 해결책으로 보완공사, 교체공사를 시행하고 있지만 이로 인한 경제적 손실은 초기에 부식을 대비하여 내식성 자재선정, 방식설비를 갖추는 것보다 많은 비용이 소요된다.

또한 현행 공동주택의 급수, 급탕배관은 동관으로 저탕조, 고기수조는 스테인레스강, F.R.P 등의 내식성자재로 대체하고 있으나 내식성자재

도 국부부식 형태의 부식사례가 발생되고 있는 실정이다.

본 원고에서는 공동주택에 적용되고 있는 배관재, 설비장비들의 부식원인, 부식사례를 알아보고 이에 대한 부식방지대책과 현행 설비설계시 개선이 요구되는 사항에 대하여 조사, 연구 하였다.

#### 2. 부식에 영향을 미치는 요소

##### 2.1 금속부식의 영향인자

금속내적 인자 : 금속의 조성, 금속의 조직, 열처리, 표면상태

주위환경적 인자 : pH, 용존산소(DO), 수온, 유속, 수중용해성분 등

실제의 금속부식은 이들 영향인자 외에도 여러 가지 인자가 서로 복잡하게 작용하여 발생 된다.

### 2.2 pH의 영향

그림 1에서 pH4~pH10의 범위는 철표면이 산화피막( $FeO \cdot nH_2O$ )으로 덮여지기 때문에 부식속도는 pH와 무관하나 수중 용존산소량의 증가에 따라 부식속도는 증가 한다.

### 2.3 수온의 영향

밀폐계에서 금속부식은 수온의 증가에 따라 직선적으로 증가하나 개방계에서는 70°C 부근에서 최대가 되고 그 이상의 온도에서는 수중 용존산소량의 감소와 함께 부식속도는 감소된다.

### 2.4 유속의 영향

유속의 증가에 따라 용존산소의 확산이 가속되어 부식속도가 증가하나 일정유속 이상이 되면 금속표면에 보호피막이 형성되므로 부식속도는 다시 감소된다.

### 2.5 용존산소(DO)의 영향

보통 수도수(pH6~pH7)에서 철의 부식속도는 수중 용존산소량에 비례하여 증가하나 어느 한계를 넘으면 부식속도는 감소한다.

즉, 부식반응에 소모되고 남은 여분의 산소가 보호피막을 형성하기 때문이다.

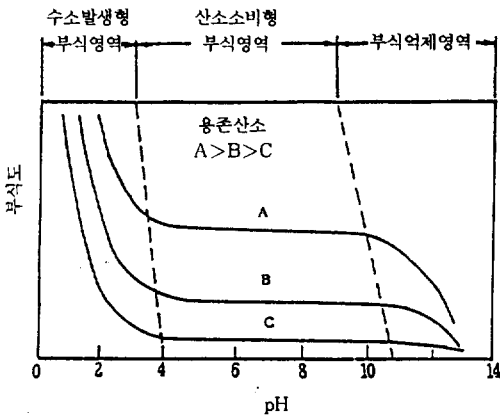


그림 1 수중 철(Fe)의 부식속도에 미치는 pH의 영향

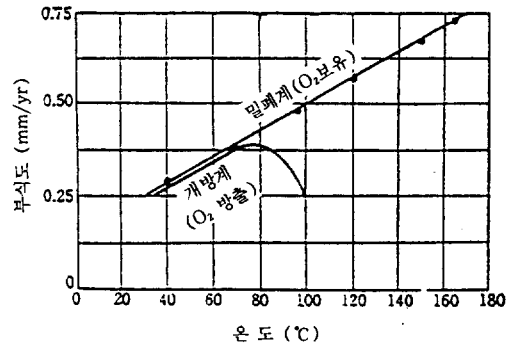


그림 2 금속부식에 대한 수온의 영향

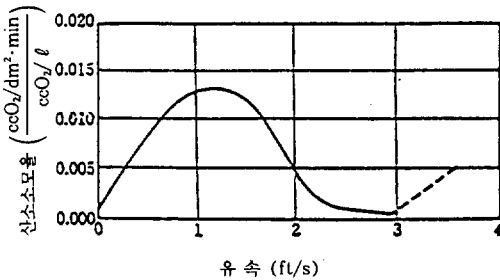


그림 3 수중 철(Fe)의 부식에 영향을 미치는 유속의 영향

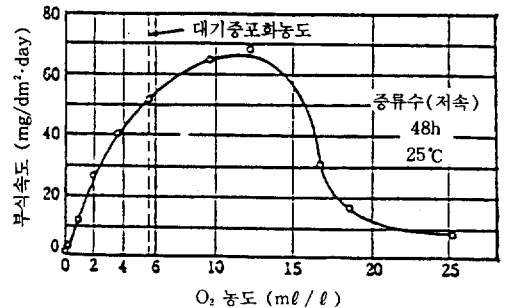


그림 4 용존산소를 포함하는 수중의 철(Fe)의 부식속도

### 2.6 수중 용해성분의 영향

수중 용해성분이 증가하면 금속표면에 국부적인 전류발생이 증가되어 부식이 가속된다.

용해성분의 영향은 다음과 같으며 특히 Cl<sup>-</sup> 등의 할로젠이온은 일반적인 부식외에도 공식(pitting corrosion), 응력부식균열(stress corrosion cracking)의 원인이 된다.

- (1) Cu<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Cr<sup>3+</sup>, Hg<sup>2+</sup>: 부식에 해로운 양이온
- (2) Cl<sup>-</sup>, SO<sup>4-</sup>, NO<sup>3-</sup>: 부식에 해로운 음이온
- (3) Cu<sup>2+</sup>: 알루미늄, 알루미늄합금의 부식촉진
- (4) NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Hg<sup>2+</sup>: 동, 동합금의 부식촉진
- (5) 기타 부유물질: 금속의 마모부식(erosion corrosion) 촉진

## 3. 부식사례조사

### 3.1 보일러관수 pH관리 실태조사

설비시스템의 관수 수질관리실태를 조사하기 위하여 중앙난방 아파트단지를 대상으로 pH관리 실태를 조사하였다.

#### (1) pH관리실태

보일러 보급수의 정량적인 계량없이 시험지(test paper)를 이용하여 비 주기적으로 약품을 주입하고 있었으며 수질관리에 대한 설비관리자의 인식이 부족하였다.

#### (2) 조사결과

조사대상 29개 단지중 20개 단지가 권장치(pH10.5~11.8)를 벗어남.

### 3.2 난방입상관의 최하단 관내부 부식

준공후 2~3년이 지난 아파트의 대부분이 입상관 최하단(dust pocket)에 산화철, 부식생성물, 슬러지, 각종 이물질이 퇴적되어 있어 이로 인하여 관 내부에 균일부식(uniform corrosion)이 발생되고 있었다.

### 3.3 파이프덕트내 배관연결부위 부식

아연도강관의 경우 관 내부 용접부위에 특히 부식이 심하게 발생되어 있었으며 강관의 Seam

부위를 따라 부식이 계속 진행되고 있는 곳도 있었다.

또한 입상관 파이프덕트내에서는 밸브와 배관의 나사연결부위에 계속적인 누수로 나사산에 심한 균일부식이 발생되고 있었다.

### 3.4 매립용 스텝관의 부식

콘크리트 구조물내 매설된 강관스텝의 내면과 관통되는 배관 사이에 결로와 콘크리트에 흡수된 수분의 영향으로 배관외면에 부식이 진행되고 있었다. 조사 결과 이러한 부식은 습기가 많고 환기가 부족한 곳 일수록 더욱 심하게 나타나고 있었는데 이러한 현상으로 미루어 볼 때 아파트 세대 온돌층에 매립되어 있는 급수, 급탕배관(동관)의 강관스텝 관통부위에는 결로현상과 이종금속접촉의 영향으로 또 다른형태의 부식이 예상된다.

### 3.5 동관 용접부위의 응력부식균열

동관의 응력부식균열은 준공된지 1년여 경과한 아파트단지에서 집중적으로 발견할 수 있었다. 특히 세대 욕실의 방수층에 매립된 급탕배관(동관)의 용접부위에서 실 모양의 크랙형태로 발견할 수 있었다. 이는 동배관과 황동부속의 용접부위 과열로 인한 배관내 잔류응력과 동관이 접촉하고 있는 방수층의 영향, 급탕온도변화에 의한 배관신축의 영향으로 생각된다.

### 3.6 아파트단지의 대규모 부식사례

#### ① 광주○○APT, 인천○○APT의 급수, 급탕배관(백강관)의 부식

부식원인 : 단지내 유입수의 부식성 증가  
 잦은 단수로 인한 배관내 용존 산소량 증가  
 배관내부 아연피막과피로 인한 부식 확산

조 치 : Sand blasting후 배관내부에 피막 형성 및 배관 전부 교체

#### ② 동관사용 APT단지의 청수 발생

청수원인 : 수중 염소이온농도 증가로 보호 피막이 형성되지 못함

동이온의 과다 용출(조사치:80 ppm) ※ 서울시 평균:10.6ppm  
 조 치 : 디스펜서 설치

#### 4. 설비 및 배관의 부식방지 계획

##### 4.1 기본적 고려 사항

###### 4.1.1 수 질

부식 영향인자로서 관수의 탁도, 경도, pH, 용존산소, 수중 용해성분(TDS) 등 수질환경을 들 수 있다. 탁도와 경도는 관 내부 스케일형성의 주요 요인으로 작용하고 수중 용존산소량의 증가는 금속부식을 촉진시키나 어떤 특수한 환경에서는 그 함량의 변화에 따라 부식을 억제 하기도 한다. 수중 용해성분의 증가는 보일러의 효율저하와 보일러 부식을 가속시킨다. 또한 pH는 수질환경인자 중 금속부식에 가장 큰 영향을 미치고 있다. 따라서 설비계획시 해당지역의 수질특성을 파악하고 이에 대한 적절한 자재선정, 방식설비의 검토가 필요하다.

###### 4.1.2 수 온

부식속도는 일반적으로 온도상승에 따라 증가하는 경향이 있다. 그러나 금속의 부식속도에 큰 영향을 미치는 것은 금속과 접해있는 수중 용존산소의 확산과 용존산소의 확산에 의해 생성된 산화피막의 온도에 의한 영향이다. 설비배관은 밀폐계로 간주되어 시스템내 용존산소가 다 소비되어 버리면 온도에 관계없이 부식이 감소되리라 생각되지만 이것은 완전 밀폐계인 냉·온수배관 시스템 뿐이며, 대부분의 배관시스템 특히 급탕 시스템에서는 항상 새로운 물이 공급되고 용존산소가 포화되어 있어 부식이 계속 진행되고 부식속도도 온도 상승에 따라서 증가하게 된다.

따라서 시스템내의 수온은 가능한 낮은 상태가 좋으며 급탕시스템에서는 최고 70℃이하로 제한하고 그 이상의 고온이 필요한 곳에는 부스터 히터(booster heater)등을 사용하는 것이 바람직하다.

###### 4.1.3 유 속

일반적으로 모든 금속에 대해서 관내 유속이 증가하면 처음에는 부식이 유속에 비례하여 증가

되나 일정 유속이상이면 산소확산에 의해 보호피막이 형성되어 부식은 감소된다. 다시 그 이상의 고유속(한계유속)이 되면 유속에 의한 보호피막의 박리현상과 금속마모가 가중되어 금속은 급속히 부식되므로 설비설계시 관내 유속이 한계유속범위를 벗어나지 않도록 주의 해야한다.

설비시스템에서 부식문제를 해결하기 위해서는 내식성자재를 사용하는 것은 가장 중요한 요소이다. 설비설계시 될 수 있는 한 시스템의 배관재를 통일시키거나, 부득이한 경우 금속관+비금속관+이종금속관의 결합 또는 전위차가 낮은 금속관과의 결합방법이 고려되어야 한다.

또한 부식방지측면에서 설비자재 선정시 다음 사항의 검토가 필요하다.

###### ① 시스템의 사용환경을 검토한다.

수원의 수질, 유속, 사용온도, 설비가동시간, 설비의 설치환경, 단열 및 매립여부, 시스템내 발생될 수 있는 물질 등

###### ② 시스템의 구성 및 기능을 검토한다.

1차측과 2차측(고온부, 저온부), 배관의 경로, 구역별 자재의 종류, 시스템의 형식(밀폐계, 개방계), 시스템의 기능(급수, 급탕, 난방, 소화, 배수)

#### 4.2 설비배관의 부식방지 대책

##### 4.2.1 배관용 탄소강관

강관의 부식은 일반적으로 관 내부에서 녹덩어리가 성장하여 녹물발생→관로폐쇄→누수의 과정을 거친다. 초기단계에 용존산소의 영향으로 관 내면에 녹덩어리가 형성되고 그 결과 녹덩어리의 하부와 상부사이에 용존산소의 확산차이로 산소농도전지가 형성되어 녹덩어리 하부가 양극(anode)으로 되어 부식이 진행된다.

부식방지 대책으로

###### ① 공기빼기로 적극적으로 용존산소를 제거한다.

###### ② 밀폐배관계에서는 가능한 물을 바꿔 놓지 않는다.

###### ③ 방청제를 투입하는 방법이 있으나

급수, 급탕설비와 같이 개방계이고 새로운 물이 공급되는 시스템은 탈기장치, Air Vent에 의한

공기빼기는 부식방지 효과가 적으며 방청제의 투입량도 허용치 이내로 제한하여야 하므로 충분한 효과를 기대할 수 없다.

따라서 내식성이 큰 자재로 변경하는 방법이 가장 효과적이다.

#### 4.2.2 동 관

동관은 강관에 비해 내식성이 우수하여 강관에서 자주 발생하는 균일부식은 없지만 수질, 유속, 용접방법에 따라 공식(pitting corrosion), 응력부식균열(stress corrosion cracking), 마모부식(erosion corrosion) 등의 국부부식(localized corrosion)이 발생되고 수질의 부식성 증가에 따라 보호피막이 형성되지 못하고 동이온이 과다 용출되어 청수발생이 문제가 된다.

일반적으로 다음의 부식대책이 필요하다.

- ① 수질검사를 사전에 시행하여 pH가 7이하인 경우는 관내 보호피막 형성이 어려우므로 폭기처리 또는 약품투여기 등의 수처리 설비를 고려 한다.
- ② 피복재 선정시 암모니아나 유화물이 추출되는 것은 피하고 경량콘크리트의 골재는 염화물, 유화물이 많은 것이 있으므로 매설시 주의한다.
- ③ 시스템내 공기가 잘 배출되도록 한다.(배관의 구배, 자동공기밸브, 기계식탈기장치 등의 설치)
- ④ 배관내 유속을 한계유속(동관의 경우 : 1.5 m/s)이내로 한다.
- ⑤ 이중금속관의 사용을 피한다.
- ⑥ 배관내 이물질이 퇴적되면 공식의 원인이 되므로 시공전 관단부를 완전히 밀봉하고 시공후 배관내부를 세척한다.
- ⑦ 급탕시스템의 경우 급탕온도는 필요이상 높이지 않는다.

#### 4.2.3 스테인레스관

스테인레스관은 동관과 같이 내식성이 우수하나 관내 수질에 따라 공식, 응력부식균열 등의 국부부식 발생이 문제가 된다. 특히 수중  $Cl^-$  이온은 금속의 보호피막(부동태피막)을 파괴하는 성질이 있어 부식발생에 매우 위험하다. 또한 이들 국부부식은 육안으로 관찰되기 어려우며 일

단부식이 시작되면 급속도로 진행되어 단기간에 누수가 발생된다.

다음의 부식대책이 필요하다.

- ① 배관의 응력부식균열은 주로 배관시공의 부주의로 발생되므로 급히가공, 배관 용접시 특히 주의한다.(400℃~800℃의 온도 범위는 피하고, 용접분위기에 주의한다)
- ② 배관내부를 깨끗이 세척하여 공식발생 요인을 제거한다.

#### 4.2.4 강판제 저장조

강판제 저장조의 부식은 수중 용존산소와 용존 염류에 의해서 급속히 부식된다. 특히 공기가 모이기 쉬운 탱크상부, 용존염류가 퇴적되기 쉬운 탱트바닥, Heating Coil의 틈새에 부식이 일어나기 쉽다. 또한 Heating Coil은 주로 동관을 사용하므로 탱크본체와의 이중금속접촉에 의한 부식도 발생할 수 있다.

이와 같은 부식을 방지하기 위하여 여러 가지 대책이 강구되고 있는데 그 주요방법은 다음과 같은 것이 있다.

- ① 음극방식(cathodic protection)에 의한 방법
- ② Glass Lining에 의한 방법
- ③ 에폭시수지 도장에 의한 방법

#### 4.2.5 스테인레스 저장조

스테인레스강은 전항에서도 언급되었듯이 내식성이 우수한 재료이나, 용접이음 부위에 응력부식균열이 발생되기 쉽고 맨홀과 헤더의 플랜지 결합 부위에 틈부식(crevice corrosion)이 발생되어 문제가 된다.

이러한 부식을 방지하기 위해서는 음극방식법, 고순도 마르텐사이트계 스테인레스강을 사용하는 것이 좋다.

### 5. 맺음말

배관계에서 부식인자는 다양하며 실제의 부식은 이들 인자가 서로 복잡하게 작용하여 발생되므로 부식을 방지하기 위해서는 어떤 한가지 방법보다는 여러 가지 방법을 서로 보완하거나 병행하여야 효과적이다.

부식방지를 위한 기본적인 요건으로 ①내식성

자재의 사용 ②부식환경의 제거 ③적정한 수처리 순 이라고 생각되며 사용자재의 선정, 부식환경의 조절, 방식피막, 수처리 등의 부식방지를 위한 종합적인 설계상의 고려가 필요하다.

또한 현행 설계에서 개선이 요구되는 사항은 다음과 같이 요약할 수 있다.

#### ① 약품투입장치의 자동화

수질(pH)을 감지하여 약품을 자동으로 투입하는 약품투입장치(chemical feeder)의 개선

#### ② 탈기설비의 개선

시스템 내부로 유입되는 보충수탱크에 기계적 탈기장치를 설치하여 시스템 내부의 공기와 용존산소를 적극적으로 제거 한다.

#### ③ 보일러 관수 관리방법 개선

보일러 관수에 축적되어 있는 용융 고형물을 배출(blow down)하는 기술의 자동화로 에너지 절약 과 부식방지를 기한다.

#### ④ 급수본관에 여과장치 설치

저수조에 유입되는 급수본관에 여과망을 설치하여 수질을 개선한다.

#### ⑤ 동관의 용접방법 개선

현행 동관의 용접방법을 Brazing에서 Soldering으로 변경하여 용접부의 응력부식균열을 방지한다.

#### ⑥ 저당조의 부식방지용 희생 anode 설치

저당조의 부식을 방지하기 위하여 음극방식법을 적용한다.

## 참 고 문 헌

1. 대한주택공사, 1994, “광주○○지구의 上水管 腐蝕원인조사 및 분석 연구”.
2. 대한주택공사, 1991, “老朽配管 交替方案에 관한 연구”.
3. 건설기술연구원, 1990, “상수관 부식방지 기법 연구”.
4. 공기조화냉동공학회, “공기조화냉동위생공학 편람 1권”, pp. 499~510.
5. 김문정, “금탕배관의 부식방지” 한국냉동공조기술협회, 95년 5월호 pp. 87~97.
6. 박용수, 1991, 한국부식학회 제11회 부식 및 방식강습회 교재, “부식의 원리”.
7. 이학렬, 1995, “금속부식공학”, 서울:문운당.
8. 日本設備配管研究會編, 1986, “設備配管의 腐蝕과 對策”, 동경:理工評論出版.
9. 日本腐蝕防蝕協會編, 1980, “新版 金屬防蝕技術便覽”, 동경.
10. 日本高層住宅管理業協會, 1989, “맨션 給水配管의 赤水對策 매뉴얼”, 동경.
11. 日本 鹿島建設·栗田工業, 1988, “配管防蝕 매뉴얼”, 동경:日本工業出版.