

공동주택의 기계설비 및 배관의 부식방지 기법

백춘기·김봉옥 / 대한주택연구소 주택설비연구실 연구원

[1] 서론

공동주택의 급수, 급탕관은 동관으로 저탕조, 고가수조는 스테인레스강, FRP 등 내식성 자재로 설치하고 있으나 내식성 자재도 국부부식 형태의 부식사례가 발생되고 있다.

특히 옥내·외배관을 동관으로 시공하고 스테인레스 저탕조로 시공한 아파트 지구에서 靑水 및 赤水가 발생되고 있다.

설비 및 배관의 부식

경제적 손실	시스템의 효율저하	수질저하
- 보수공사 - 교체공사는 신설공사비의 2-3배 상회 - 입주자불편	- 열효율 저하 - 연료소비량의 증가 - 관내 유체저항이 커져 반응동력 증가	- 녹물발생 - 수질민원 발생

[2] 본론

(1) 부식에 영향을 미치는 요소

1) 금속부식의 영향인자

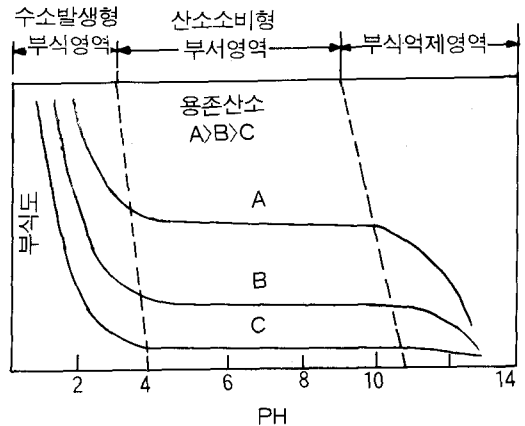
* 금속내적 인자 : 금속조성, 조직, 열처리, 표면상태

* 주위 환경적 인자 : pH, 용존산소, 수온, 유

속, 수중 용해성분 등

실제의 금속부식은 이들 영향인자 외에도 여러가지 인자가 서로 복잡하게 작용하여 발생된다

2) pH의 영향



〈그림 1〉 수중 철(Fe)의 부식속도에 미치는 pH의 영향

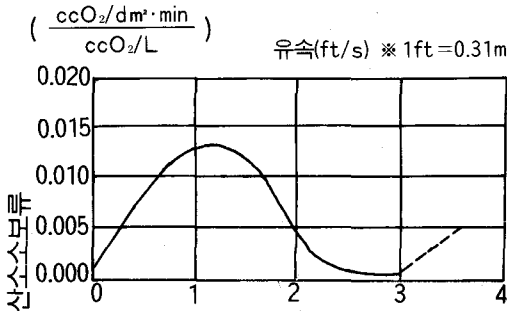
〈그림 1〉에서 pH4~pH10의 범위에서는 철표면이 산화피막($FeO \cdot nH_2O$)으로 덮여지기 때문에 부식도는 pH와 무관하나 수중 용존산소량의 증가에 따라 부식도는 증가한다.

3) 수온의 영향

밀폐계에서 금속부식은 수온증가에 따라 직선

적으로 증가하나 개방계에서는 70℃ 부근에서 최대가 되고 그 이상의 온도에서는 수중 용존산소량도 감소된다.

4) 유속의 영향



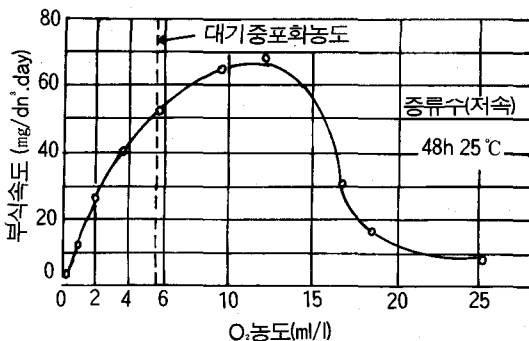
〈그림 2〉 수중 철(Fe)의 부식에 영향을 미치는 유속의 영향

유속의 증가에 따라 용존산소의 확산을 가속시키므로 부식도도 증가하나 일정유속 이상이 되면 금속표면에 보호피막이 형성되므로 부식도는 다시 감소한다.

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 산소는 보호피막을 형성하기 때문이다.



〈그림 3〉 용존산소를 포함하는 수중의 철(Fe)의 부식도

6) 수중 용해성분의 영향

Cu²⁺, Fe³⁺, Cr³⁺, Hg²⁺ : 부식에 해로운 양이온
 Cl⁻, SO⁴⁻, NO³⁻ : 부식에 해로운 음이온
 Cu²⁺ : 알루미늄, 알루미늄 합금의 부식 촉진
 NH₄⁺, Hg²⁺ : 동, 동합금의 부식 촉진
 기타 부유물질, 이물질 : 금속의 마모 부식 (Erosion Corrosion)

(2) 부식사례 조사

1) 보일러 관수 pH 관리실태 조사, 분석

① pH관리 실태 : 보일러 보급수의 정상적인 계량없이 비주기적으로 테스트 페이퍼를 이용하여 약품 주입

② 조사대상 29개 단지중 20개 단지가 권장범위 (pH10.5~pH11.8)를 벗어남

③ 설비관리자의 인식부족

2) 부식사례

① 난방입상관의 최하단(Dust Pocket)관 내부의 부식

준공후 2~3년지난 아파트의 대부분이 입상관 최하단에 산화된 철가루, 슬러지, 각종 이물질이 퇴적되어 있어 이로 인하여 관 내부에 균일부식이 발생되고 있다.

② 지하층, 입상피트 내 배관 연결부위 부식

아연도강관의 경우 관 내부 용접부위에 특히 부식에 심하게 발생되어 있었으며 강관의 시임(Seam) 부위를 따라 부식이 계속 진행되고 있는 곳도 있었다.

입상피트 내에서는 밸브와 배관의 나사 연결부위에서 지속적인 누수로 나사산 부위에 심한 균일부식이 발생되고 있었다.

③ 보온재 속의 배관 및 밸브 외면 부식

입상피트와 같이 환기가 없고 협소한 공간에서는 나사 접합부위의 누수, 결로에 의한 수분으로 방청도장이 파손된 부위에서 심한 균일부식이 발생되고 있었다.

④ 매립용 스리브의 관 외면 부식

콘크리트 구조물 내 설치된 강관스리브의 내

면과 배관 외면의 틈 사이에 결로와 구조물 내 흡수되어 있는 수분의 영향으로 관 외면 부식이 발생되고 있었다. 조사결과 이러한 부식은 습기가 많고 환기가 부족한 곳일수록 더욱 심하게 나타나고 있었는데 이러한 현상으로 미루어 볼 때 세대내 급수 매립배관(동관)의 강관스리브 관통 부위는 관 외면 결로 현상과 이중금속 접촉의 영향으로 또다른 형태의 부식이 예상된다.

⑤ 배관 용접부위의 응력부식균열

이러한 부식은 특히 세대 욕실에 매립된 급탕 배관(동관)에서머리카락 모양의 실크랙 형태로 발견할 수 있었다. 동배관과 황동아답타 결합부위에 용접 부위의 과열로 인한 배관 내의 과도한 잔류응력과 동관 외면에 접하고 있는 시멘트 방수액의 영향, 동관 내면의 급탕 온도변화, 수질의 영향 등으로 생각된다.

3) 아파트 단지의 대규모 부식사례

① 아시아 선수촌 아파트의 동관 부식사례

- 원인 : 전체를 같은 재질로 사용하지 않음

② 인천 00지구 급수, 급탕관(백관) 부식

- 조치 : 배관 전면 교체

③ 광주 00지구 급수, 급탕관 부식

- 조치 : 배관 내부 코팅

- 부식원인 :
 - 단지내 입수의 부식성
 - 잦은 단수로 인한 관내 용존산소 증가
 - 배관내부 안연피막 파괴로 인한 부식 확산

④ 내식성 자재(동관)로 사용한 지구의 청수 발생

- 청수 원인 : 동관은 관내의 표면에 보호피막이 형성되어 내식성이 유지되는 것인데 동 지역은 수중 염소이온이 높아 (80ppm) 보호피막이 형성되지 않아 동이온의 용출이 많아 청수 발생 (서울시 평균 : 10.6ppm).

- 대책 : 디스펜서 설치

⑤ 내식성자재(동관)로 사용한 지구의 녹물 발생

- 녹물원인 : 주철제 밸브의 이중금속 접촉으로 인한 부식 발생

- 대책 : 디스펜서 설치, 주철제 밸브의 재질 변경

(3) 설비 및 배관의 부식방지 계획

1) 기본적 고려사항

① 수질

부식의 영향인자로서 관수의 탁도, 경도, pH, 용존산소, 수중 용해성분 등 수질환경을 들 수 있다. 탁도와 경도는 관 내부 스케일 형성의 주요 요인으로 작용하고 수중 용존산소량의 증가는 금속부식을 촉진시키나 어떤 특수한 환경에서는 그 함량의 변화에 따라 부식을 방지하기도 한다.

또한 수소이온농도(pH)는 수질환경 인자중 금속부식에 가장 큰 영향을 미치고 있다.

따라서 설비의 설치 설계당시 해당지역의 수질이나 당해 설비설치 특성에 맞는 재질의 선정 등 방식설비를 고려해야 한다.

또한 수중 용해성분의 영향으로서 온수보일러의 경우 보급수 중의 용접가스 및 수용성 고형물, 부유물 등의 이물질과 투입약품이 운전시간의 경과에 따라 보일러 관수 속에 축적되어 총 용융고형물(TDS)의 농도가 증가하게 된다.

이러한 TDS 농도의 증가는 스케일 생성과 부착에 따른 보일러 효율 저하, 보일러의 부식을 가속시켜 보일러의 수명이 짧아지고 세관 횡수를 증가시킨다.

따라서 보일러의 효율을 향상시키고 수명연장과 세관비용을 절감시키기 위해서는 보일러의 관수관리기술 즉, 블로우 다운(Blow Down) 기술의 자동화가 필요하다.

② 수온

부식속도는 일반적으로 온도상승에 따라서 증가하는 경향이 있다. 그러나 금속의 부식속도에 큰 영향을 미치는 것은 그 수용액 중에 있는 금속 표면에서 용존산소의 확산이고 또 하나는 산소화

산에 의해 생성된 산화층의 온도에 의한 영향이다.

설비배관은 일반적으로 밀폐계의 배관으로 간주하며 관수량도 적기 때문에 시스템 내 용존산소가 다 소비되어 버리면 온도에 관계없이 부식속도도 감소되리라고 생각 되지만 이것은 매우 한정된 완전 밀폐계인 냉·온수공조배관시스템 뿐이며 대부분의 배관시스템 특히 급탕시스템에서는 항상 새로운 물이 공급되고 더구나 급탕보급수는 용존산소가 포화되어 있어 부식은 계속 진행하게 되고 부식속도도 온도 상승에 따라 증가하게 된다.

따라서 시스템 내의 수온은 가능한 한 낮은 것이 좋으며 급탕 시스템에서는 최고 70 이하로 제한하고 그 이상의 고온이 필요한 곳에는 부스터 히터((Booster Heater) 등을 사용하는 것이 바람직하다.

③ 유속

일반적으로 모든 금속에 대해서 관내 유속이 증가하면 처음에는 부식이 유속에 비례하여 증가되나 일정 유속 이상이 되면 산소확산에 의해 보호피막이 형성되어 부식은 감소된다. 다시 그 이상의 고유속(한계유속)이 되면 유속에 의한 보호피막의 박리현상과 금속마모가 가중되어 금속은 급속히 부식된다.

따라서 설비설계시 관내 유속이 한계유속 범위 내에 들도록 펌프동력, 배관경을 결정하여야 한다.

2) 배관재의 부식방지 대책

① 배관용 탄소강관

강관의 부식은 일반적으로 관내에서 녹덩어리가 성장하여 녹물발생, 관 유로의 폐쇄, 누수라는 경과를 거친다. 초기 단계의 녹덩어리의 발생은 용존산소에 의한 것으로 우선 최초로 부식이 발생하여 작은 녹덩어리를 형성한다. 그리고 일단 녹덩어리가 되면 수중에 산소확산이 저해되어

녹덩어리가 형성되지 않은 면과의 산소 농도차가 생긴다.

그 결과 녹덩어리 하부와 상부 사이에 산소농도담전지가 형성되어 녹덩어리가 양극이 되어 부식이 진행하게 된다.

이 녹덩어리에 대한 녹물방지 대책은

- 공기빼기를 적극적으로 하여 용존산소를 제거한다.

- 밀폐 배관계에서는 가능한 한 물을 바꿔 놓지 않는다.

- 방청제를 투입하는 방법이 있다.

그러나 급수설비나 급탕설비와 같이 개방계이고 또 항상 새로운 물이 공급되는 시스템은 탈기장치, 에어 벤트에 의한 공기빼기는 효과가 적고 또 방청제의 투입량도 허용치 이내로 제한하여야 하므로 충분한 효과를 기대할 수 없다.

따라서 내식성이 큰 자재로 변경하는 방법이 가장 효과적이다.

② 동관

동관은 강관에 비해 내식성이 우수하여 강관에서 자주 발생하는 균일부식은 없지만 관내 수질, 유속에 따라 공식, 응력부식균열, 마모부식 등의 국부부식과 보호피막이 형성되지 않을 경우 청수의 발생이 문제가 된다.

일반적으로 다음의 부식 대책을 수립하면 더욱 내구성이 향상된다.

- 공기가 잘 빠지는 배관 시스템, 예를 들면 배관의 구배, 공기빼기 밸브의 설치 또는 관내의 용존산소제거장치(기계식 탈기장치 등)를 설치한다.

- 관내 유속을 허용유속(1.5m/s)이내로 한다.

- 관의 절단 부위에 금속 찌꺼기 등을 완전히 제거하고 유체의 흐름이 완만하도록 배관한다.

- 이중금속관의 사용을 피한다.

- 관내 이물질의 퇴적 및 부착하면 공식의 원인이 되므로 시공전 관 단부를 밀봉하여 이물질 부

착을 방지하고 시공후 배관 후레싱으로 관 내면을 세척한다.

- 피복재 선정시 암모니아나 유화물이 추출되는 것은 사용하지 않는다. 경량콘크리트의 골재에는 염화물, 유화물이 많은 것이 있으므로 매설시 주의해야 한다.

- 급탕온도는 필요 이상 올리지 않는다. 일반 급탕용으로는 55~60℃정도로 한다.

- 수질검사를 사전에 시행하여 pH가 7 이하인 경우는 보호피막이 형성되기 어려우므로 폭기처리 또는 약품투여기 등의 수처리를 고려해야 한다.

③ 스텐레스강관

스텐레스강관은 동관과 마찬가지로 균일부식은 없지만 관내 수질에 따라 공식, 응력부식균열 등의 국부부식 발생이 문제가 된다. 특히 수중 Cl⁻이온은 금속의 보호피막(부동태피막)을 파괴하는 성질이 있어 부식발생에 매우 위험하다. 또 일단 부식이 발생하면 급속도로 부식되어 단기간에 누수가 발생된다.

- 공식을 방지하려면 관 내면을 깨끗하게 유지할 필요가 있고 특히 배관 시공전에 관 내면의 물을 완전히 제거하는 것이 중요하다.

- 응력부식 균열은 항복점 이하에 2.5kg/cm의 작은 인장 잔류응력으로 발생하기 때문에 시공시 충분한 검토가 필요하다.

- 입계부식을 방지하기 위해서는 우선 배관용 접시 이 온도범위(400~800℃ : 예민화 온도)를 피하고 용접분위기에 극히 주의하여야 한다.

설비 시스템에서 부식문제 해결을 위해 내식성 재료를 사용하는 것은 가장 중요한 요소이다. 배관설계시 될 수 있는 한 시스템의 배관재를 통일시키거나 금속관+비금속관의 결합 또는 전위차가 적은 금속관끼리의 결합방법 등이 고려되어야 한다.

또한 방식적 측면에서 배관소재 선정시 다음

사항의 검토가 필요하다.

- 시스템의 사용환경을 검토한다.

- 수원의 수질
- 사용온도
- 시스템의 설치환경
- 시스템 내에서 발생할 수 있는 물질 등
- 유속
- 가동시간
- 단열, 매립여부

- 시스템의 구성 및 기능을 검토한다.

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

3) 저탕조, 고가수조 부식방지 대책

① 저탕조

- 강판제 저탕조

강판제 저탕조의 부식은 그 사용상의 성질 때문에 수중 용존산소와 용존염류에 의해서 상당히 빨리 부식된다. 특히 공기가 고이기 쉬운 탱크내 상단부위나 스케일이 퇴적되기 쉬운 탱크바닥 가열관의 틈새에 부식이 일어나기 쉽다.

또한 가열관(Heating Coil : 동관)과의 전위차에 의한 전지부식 작용으로 가열관의 가이드관에 심한 부식이 발생한다.

이와 같은 부식을 방지하기 위해 여러가지 대책이 강구되고 있는데 그 주요 방법은 다음과 같다.

- 에폭시수지 도장에 의한 방법
- 그라스라이닝(Glass Lining)에 의한 방법
- 음극방식(Cathodic Protection)에 의한 방법

② 스텐레스강판제 저탕조

저탕조에 사용되고 있는 스텐레스강은 대부분이 오스테나이트계 스텐레스강의 STS 304가 주로 사용되고 있다.

스텐레스강은 내식성이 매우 우수한 재료이나 용접 이음한 부위에 응력부식균열이 발생되기 쉽

고 또 맨홀이나 헤더의 플랜지결합 부위에 틈 부식이 쉽게 발생되어 문제가 되고 있다.

이러한 부식을 방지하기 위해서 응력부식균열의 경우에는 전기방식을 사용하거나 균열이 쉽게 발생되지 않는 고순도 마르텐사이트계 스텐레스강의 STS 444를 사용하는 것이 좋다.

또한 틈부식의 경우에는 가스켓 재질을 흡수성이 없는 테프론계 가스켓으로 사용하고 플랜지 치수에 맞는 것을 사용하여야 한다.

2) 수조

수조는 예전에는 주로 강관제를 사용하였으나 부식을 방지하고 위생적 관리를 위하여 SMS제 수조나 스텐레스강관제 수조가 많이 사용되어 부식문제는 해결되고 있으나 위생적 관리를 위하여 청소가 용이한 구조로 하여야 한다.

[3] 결론

(1) 배관계에 있어서 부식 원인의 인자는 다양하며 실제 이들 인자가 복잡하게 서로 얽혀 부식원인이 되며 방식설계 사용재료의 선정, 부식환경의 조절, 표면의 방식 피막 형성과 같은 부식방지를 위한 설계상 고려가 필요하다.

(2) 부식을 방지하기 위해서는 어떤 방식기법 한 가지 만으로는 완벽한 방식을 기대하기 어려우며 방식처리의 우선순위는

- ① 내식성 자재의 사용
- ② 부식환경의 제거
- ③ 적절한 수처리

순이라고 생각되며 서로 병행하여 부식방지를 도모하여야 효과가 크게 나타난다.

(3) 같은 시스템에 사용되는 재질은 같은 재질로 구성되어야 한다.

이종금속관을 혼용할 경우 이종금속관 사이에 절연이음과 절연처리에 의한 방식을 도모하고 있으나 배관계에는 유체의 흐름으로 해서 부식이 발생되므로 동일 시스템에서는 같은 재질의 사용

이 바람직하다.

1) 현행 설계에서 개선이 요구되는 사항

① 약품투입장치의 자동화

수질(pH)을 감지하여 약품을 자동으로 투입하는 약품투입장치(Chemical Feeder)의 개선

② 탈기설비의 개선

시스템 내부로 유입되는 보충수 탱크에 기계적 탈기장치를 적용하여 시스템 내부의 공기와 용존산소를 제거한다.

③ 보일러 관수 관리방법 개선

보일러 물 속에 축적되어 있는 용융고형물을 자동으로 배출하는 자동관수배출장치로 에너지 절약과 부식 방지

④ 급수 본관에 여과장치 설치

아파트 단지로 유입되는 급수 본관에 필터를 설치하여 수질을 개선한다.

⑤ 동관의 용접방법 개선

현행 동관의 용접방법을 브레이징에서 솔더링으로 변경하여 용접부위의 응력부식방지과 공사비 절감

⑥ 저탕조의 부식방지 ANODE설치

스텐레스 저탕조에 희생 ANODE를 설치하여 탱크 본체의 부식을 방지한다.

2) 향후 연구과제

① 이제까지는 부식과 노후로 인한 배관의 교체는 보수를 고려하지 않아 배관교체시 천정을 뜯거나 벽체를 허무는 일이 있었으나 건물이 초고층화 되고 설비가 복잡해지므로 점검과 보수가 용이한 구조의 연구가 필요하다.

② 배관과 설비가 노후되거나 부식되어 녹물이 발생하고 효율이 저하되는 경우 관을 갱신하는 기술에 대한 연구가 필요하다.

③ 급수, 급탕관을 동관으로 하고 저탕조는 스텐레스로 하는 등 내구성이 높은 자재로 변경되었으므로 그에 대한 부식발생 여부도 계속 관찰과 연구가 필요하다.