

건물 배관의 부식과 방지법

이의호 / 한국건설방식기술연구소 소장



최근배관의 부식현상이 사회적으로 관심이 높아짐에 따라 배관의 부식방지를 위한 연구노력이 활발히 진행되고 있다.

이에따라 한국건설방식기술연구소가 지난 6월 24일 건설회관 중회의실에서 개최한 「건물배관의 부식과 방지법」과 한국강관협회가 지난 6월 29일 전경련회관 국제회의장에서 개최한 「강관의 부식현황 및 방지대책 연구 발표회」는 관련업계의 관심을 끌었다.

본지는 각 세미나에서 발표된 내용을 게재한다.

[편집자 주]

1. 머리말

우리들이 살아가는데 있어 빼놓을 수 없는 물이 급수관이나 급탕관의 부식으로 인해 오염되거나 원활히 공급되지 못한다면 그것처럼 속상하는 일은 없을 것이다. 단독주택이라면 즉시 배관을 교체할 수 있지만, 아파트나 빌딩과 같은 대형 건물의 경우는 그리 간단한 문제가 아니다. 우선, 상당한 교환비용이 소요되기 때문에 예산문제를 비롯한 방법 선택에 있어서도 상당히 골치를 썩히는 문제이다. 또 다양한 녹물방지장치가 판매되고 있지만 어떤 것을 선택해야 하며, 과연 어느 정도의 효과가 있는지 혼란을 일으키는 경우가 많다. 시판되고 있는 제품중에는 효과가 전혀 없는 제품도 있어 속는 경우도 있지만, 올바른 지식을 갖고 있으면 효과가 있는지 없는지 정도는 판단 할 수 있을 것이다.

최근에는 부식된 배관에 대한 방청법도 제법 확립되었고 설치된 실례도 많아, 실용적인지 비실용적인지는 정확히 판단할 수 있게끔 되었다. 필자도 녹물 방지연구의 일환으로서, 수중에 포함되어 있는 용존산소의 완전 제거를 통한 부식억제방법을 연구, 실용화를 검토한 적이 있는데, 현재는 그것을 실용화하여 성공한 제품을 비롯해, 소석회용액

을 주입해 pH를 8.5이하로 통제해서 탄산칼슘의 스케일을 배관의 내면에 균일하게 부착 시킴으로써 급수·급탕관의 부식을 억제하는 방법이 나와 전국각지에서 설치되어 성공한 케이스도 있다.

한편, 마그네트나 직류전원을 이용한 녹물 방지장치도 판매되고 있는데, 유럽이나 아메리카 등의 선물의 경우는 칼슘 스케일의 억제에 효과가 있지만 일본과 같은 단물의 경우는 칼슘 스케일이 생성이 없기 때문에 철의 부식은 억제되지 않는다. 또, 세라믹이나 반도체를 이용한 제품도 판매되고 있지만, 급수급탕관의 방식에는 효과를 기대하기 어렵다.

이러한 방식장치의 범람속에서 실패없는 조치를 하기 위해서는 급수, 급탕배관의 부식방지에 대한 올바른 지식을 습득하는 것이 필요하다.

그래서 본서에서는, 급수관이나 급탕관의 부식구조 및 재생, 새로운 배관재료와 방식에 대한 지식을 필자 나름대로 정리하였으니 참고가 되었으면 한다.

2. 식수공급현황

색도 (도)	5.0	연 (ppm)	0.1
탁도 (도)	2.0	As (ppm)	0.05
증발잔류물 (ppm)	500	6가 크롬 (ppm)	0.05
		동 (ppm)	1.0
pH	5.8-8.6	아연 (ppm)	1.0
총경도 (ppm)	300	페놀류 (ppm)	0.005
		시안 (ppm)	검출되지 않을 것
KMnO ₄ 소비량 (ppm)	10	수은 (ppm)	
염소이온 (ppm)	200	음이온 활성제 (ppm)	0.5
암모니아성 질소 (ppm)	동시에 검출되지 않을 것	유기인 (ppm)	검출되지 않을 것
아초산성질소 (ppm)		잔류염소 (ppm)	0.1 이상
초산성질소 (ppm)	10	대장균	50ml중 검출되지 않을 것
Fe (ppm)	0.3	일반세균	1ml중 100개 이하
Mn (ppm)	0.3	약취	이상없을 것
불소 (ppm)	0.8	맛	이상없을 것

표-1 일본의 급수수질기준

2. 1 식수와 수질

물은 우리들의 일상생활에 있어 가장 중요한 필수품으로 안심하고 마실 수 있어야 한다. 그렇기 때문에 각 나라마다 기준이 정해져 있는데, 이는 일본의 경우도 마찬가지로 그 기준은 <표-1>과 같으며, 주로 시군구 단위로 책임지워져 정화제조되고 있다.

그러나 식수는 기준에 근거해 정수장에서 만들어질 때까지는 양호한 상태지만, 긴 배관을 통해 각 가정으로 보내지는 과정에서 배관의 녹으로 오염되며, 특히 빌딩이나 아파트의 경우에는 물탱크의 물이 외기로부터의 아황산가스나 아초산가스 및 미생물의 오염으로 수질이 변화해 그 기준이 허용량을 넘는 경우가 발생하고 있다.

또 TOKYO나 OSAKA의 경우에는 오염되어 있지 않은 수원의 확보가 곤란하기 때문에 일반 하수가 유입되는 하천의 물을 수원으로 하고 있어 이상한 맛이 나거나 냄새 나는 물이 급수관으로부터 나오는 수도 있다.

더우기 빌딩이나 아파트의 경우에는 지은지 10년도 지나지 않아 심한 녹물이 나오거나 누수가 발생하는 등 전국 각지에서 여러가지 문제가 발생하고 있다.

2. 2 깨끗한 식수의 확보

리조트의 개발로 지금까지 자연 그대로 유지되고 있었던 지역의 산림이 파괴되고 그곳에 골프장과 휴양지가 들어서면서 골프장에서는 제초제나 농약이 살포되고 또, 휴양시설의 하수가 상류의 하천으로 유입됨에 따라 깨끗한 물의 확보가 한층 곤란해지게 되었다. 나아가 농지의 제초제나 농약으로 인한 오염수, 가축의 배설물, 공장폐수, 가정하수의 유입이 가세해 일본 전체식수의 수원이 되는 하천 등이 점차 오염되는 결과가 발생하였다.

물은 자연 정화력에 의해 만들어지는 것이

가장 바람직하며, 오염된 물을 화학물질로 정화하려면 아주 큰 부담을 져야 하므로 한 사람 한사람 한사람이 어떻게 하면 물의 오염을 막을 수 있는가 하는 문제를 신중히 검토해야 할 시기에 와 있다. 바야흐로, 농업에 있어서도 점차 제초제나 농약사용에 대한 제한이 제창되면서 퇴비를 우선적으로 농지에 환원하는 유기농법이 전국 각지에 정착되고 있다.

이러한 경향은 농약으로 사멸한 농지의 박테리아를 소생시켜 풍성한 작물의 재배는 물론 하천정화에도 도움이 되어 어류 서식지로서 뿐만 아니라 수중곤충류나 미생물의 증가를 가져와 이것이 유입하는 바다의 해양생물에 주는 절대적인 영향도 기대할 수 있다.

오염되지 않은 깨끗한 식수를 원하는 것은 자연적이고 당연한 일이지만, 전국 각지에서 자연적으로 샘솟는 물이 애용되어 수퍼마켓에서 날개뚫힌 듯이 팔린다는 사실은 생각해 보면 안타깝고 슬픈 이야기가 아닐 수 없다.

2. 3 물의 감독관청 일원화

시군구의 수도관계 부서에서 수질기준에 근거해 식수용으로 정수하여 관리분배 하고 있다. 식수관리의 말단부서는 단독주택 및 물탱크를 보유하고 있지 않은 아파트와 사무실에 대해서는 주택내부에 배관까지 책임관리하지만, 물탱크를 보유하고 있는 빌딩이나 아파트의 경우에는 물탱크까지만 관리하고 있다. 빌딩이나 아파트 내부 급수관의 관리감독은 건축 관계부서로, 그리고 급수관리는 위생을 담당하는 보건소로 넘어간다.

문제가 발생하면 이들 부서가 각기 대응하게 되는데, 배관의 부식문제에 이르게 되면 그 방면의 전문가도 없고 하여 대응은 호지부지 되는 것이 현 실정이다.

따라서 가능하면 일원화된 체제로 재구성한 후에 관리감독을 실시하되, 주민입장에

선 치밀한 대응이 시급하다. 특히, 배관류는 방의 공간을 증시한 나머지 뒷전으로 밀려나 배관의 교환을 고려하지 않은 덕트의 취부, 녹 발생이 쉬운 동관과 동관의 조합 등이 눈에 띄어 살로 불안한 상태가 아닐 수 없다.

2.4 관계연구 및 전문기술자의 부족

급수관이나 급탕관에는 여러가지 다양한 재료들이 사용되고 있다. 이들 재료중에는 금속도 있고 플라스틱도 있는데, 금속은 부식이라는 성가신 화학변화를 일으키며, 특히 여러가지 재료를 혼합해 사용하면 예기치 못한 부식에 부딪히게 된다. 이 경우 배관을 시공한 업자나 사용자 모두 원인을 파악하지 못한 채, 재료 메이커를 공격하지만 회답은 애매한 것 투성이로, 결국에는 감정적인 응어리만 남긴 채 미해결 상태로 자연 소멸해 버린다. 감독관청도 방관적인 자세로 일관하기 때문에 사건이 확대되기까지 거론되는 일은 거의 없다.

재료 메이커나 시공업자, 감독관청 모두 전문기술자 부족으로 이렇다할 연구도 제대로 이루어지고 있지 않아 현장의 부식현상을 이론적으로 해명할 수 없다는 것은 참으로 한심한 노릇이다.

2.5 교환을 고려하지 않은 배관 설계

현재 시공되고 있는 동관을 이용한 배관에서는 15~6년정도 경과하면 어쩔 수 없이 급수관을 교체해야 하는데, 배관의 교환을 고려하지 않은 설계가 많아 대부분은 천정이나 벽을 뜯어내고 배관을 교환해야 하는 실정이다. 그렇기 때문에 상대적으로 막대한 배관 교체비용이 소요되어 연금생활자나 저소득자들에게는 지불할 능력이 없는 경우도 발생한다.

교환이 불가결하다면 설계단계에서부터 교환의 경비절감을 고려한 합리적인 설계를 바라는 바이다.

2.6 최근의 배관재료는 과연 내식성이 있는가?

최근 10년 사이에 배관재료는 확실히 진보했다고 생각하는 쪽과 그렇지 않다고 보는 2가지 의견이 있다. 1983년 4월에 후생성으로부터 염화비닐 및 폴리에틸렌 라이닝관의 사용이 의무화되면서 사용자들로부터 많은 불만이 제기되고 있는데, 그 원인은 라이닝관 연결부분의 Seal제 용출로 인한 악취와 녹물에 관한 문제이다. 이것은 Seal제가 완전히 마르기 전에 물을 사용함으로써 Seal제가 물에 녹아 철면이 노출, 녹이 발생하여 녹물이 나오기 때문이다.

그러나 이러한 문제는 Seal제를 완전 건조 시킴으로써 대부분 해결되었지만, 접속부의 녹의 성장진행이 의외로 빠르다던가, 녹으로 인한 라이닝재의 팽창, 급탕동관에서의 공식으로 인한 누수 발생사례가 급증하고 있는 현상에 입각해 보면 최근의 배관재료 선정에 의문을 갖지 않을 수 없다.

2.7 확실한 행정지도

앞에서 일원화되어 있지 않은 감독관청에 대해 언급했는데, 각 감독부서의 지도에도 차이가 보인다.

후생성에서는 급수관의 방식법으로서 폴리인산나트륨 및 규산나트륨의 첨가를 인정(단, 배관 교환까지의 잠정처치)하고 있는 반면, 건설성에서는 에폭시 라이닝 갱생공법을 인정하고 있다. 그러나 건설성은 시공실적이 없는 채 지도에 뛰어들었기 때문에 전국적으로 건설성에서 인정한 방법으로 시공이 실시된 후 녹물이 그치지 않는다는 불평의 소리가 높아 정돈상태에 빠져 있는 실정이다.

어쨌든 충분한 시간을 갖고 일체화된 지도와 완전한 해결책을 연구하여 대응해 나가야 할 것이다.

2.8 분양아파트의 녹물과 대응책 결정까지의 어려움

단독주택, 임대아파트 및 빌딩 등의 경우는 개인이나 회사의 담당부서의 판단만으로 대책이 결정되고 있지만, 분양아파트의 경우는 입주자의 의견에 따라 결정해야 하므로 의사결정까지는 상당한 시간이 소요된다. 따라서 행정기관에서는 충분한 자료들을 제시해 소비자들이 안심하고 위임할 수 있는 해결책을 강구하는 것이 바람직하다.

왜냐하면 대응책 마련에 시간을 허비하고 있는 사이에도 부식은 계속적으로 진행되어 배관누수가 빈번히 발생하는 등 경제적인 대응이 무산되는 경우가 있으므로 주의해야 한다.

3. 배관의 보수관리

3.1 배관의 수명

배관의 수명은 어느 정도인가 하는 질문을 자주 받는다. 종전에 주로 사용했던 아연도금관은 녹이 서서히 진행되어 평균 0.1mm/년 정도라고 알려져 있기 때문에 약 15년정도 경과하면 1.5mm정도가 부식, 감소하게 된다. 그러나 이것은 평균치이므로 최대 부식량은 이 값의 약 3배 정도인 4.5mm로, 관 두께가 6mm인 경우에는 15년이 한계인 것으로 판단된다.

그러나 여러가지 우수한 배관 방식법이 실용화 됨에 따라 수명에 대한 이러한 생각도 맞지 않게 되었다. 그 이유는 더 이상 부식되지 않는 배관갱생법이 방식법으로 출현할 경우 수명은 무한대로 연장될 수 있기 때문이다.

3.2 급수관의 갱생은 빠르면 백률수록 좋다.

「 건물은 이제 겨우 10년 정도 지났으나 아직은 괜찮겠지. 」 「 이 아파트에서는 아직 녹물은 안나오니까... 」 라고 생각하는 사람이 있을 것이다. 이것은 이제까지의 배관 교환 기준으로서의 생각이었으나 현재에는 적합하지 않다.

배관을 교체하는 데는 상당한 비용이 들지만, 배관의 갱생은 비싸도 교체비용의 몇분의 일에 불과하고 아주 저렴한 방법을 사용하면 몇백분의 일 정도의 경비로 장기간의 수명연장이 가능하기 때문에 판단시기가 빠르면 빠를 수록 유리하다.

필자에게 3년정도 경과한 배관의 검사를 의뢰해 온 경우가 있었는데, 뜻밖에 부식의 위험이 없는 배관으로 시공되어 전혀 문제가 없어 진보된 사고에 감동한 적이 있었다.

3.3 배관갱생법의 학습방법 및 선택방법

배관갱생법에는 몇개의 방법이 있다. 어떤 방법이 좋은가는 판매업자의 설명에만 의존하지 말고 전문연구기관에 자문을 구하거나 전문서적을 충분히 검토한 후에 선정하는 것이 바람직하다.

필자도 오랜동안의 연구와 현장에서의 경험으로 다양한 방법의 방식장치를 설치, 실패한 적도 있고, 그로인해 피해를 끼친 건물도 있지만 방식이론에 충실한 장치는 반드시 부식을 억제할 수 있다고 확신한다.

특히, 아파트의 경우에는 많은 사람들이 살고 있기 때문에 최종 결정까지는 모든 각도에서 검토해 보아야 한다. 또한 의견충돌로 인한 감정대립을 없애기 위해서도 많은 토론을 반복해 대응할 것을 권장한다. 같은 아파트에서도 경제적인 사정은 각기 다르겠지만 부동산으로서의 가치저하를 막기 위해서도 보다 우수한 방식법의 선정이 바람직하다.

3.4 배관업자의 갱생공사업자의 경합을 어떻게 조정할 것인가 ?

배관의 갱생에 대해 배관업자는 별로 좋은 감정을 갖고 있지 않을 뿐만 아니라 비즈니스의 적으로까지 생각되는 경우도 있다. 최근에는 양쪽이 서로 팽팽한 상태에 있으므로 시기상 적기에 와 있는지도 모르겠으나, 절

국 배관을 교체하는 편이 이익이 많기 때문에 가능하면 배관 교체로 유도하겠지만 배관 교체 보다는 배관갱생 쪽으로 기울게 될 경우, 몇년 경과하면 배관을 교체해야만 하므로 때맞춰 배관갱생으로 화제를 전이시키려는 약삭빠른 업자도 나오고 있다. 이러한 것도 사회적 흐름이라 어쩔 수 없는 현상인 것 같다.

3. 5 우선 배관검사를

배관이 어느 정도 녹슬어 있는가를 알기 위해서는 배관검사를 실시한다. 검사에는 여러가지 방법이 있겠지만, 가장 확실한 방법은 대표적인 배관의 일부를 절단하여 세로로 자른 다음, 하나는 녹슨 채로, 또 하나는 신에서 녹만을 제거한 상태로 비교하여 두께가 어느정도 감소했으며 공식은 어느정도인가를 정확히 파악하여 방식법으로 해결할 수 있는지를 전문기관에 검사의뢰하는 것이다.

이 검사에서 배관이 부식되었다고 하면 검사기관이나 배관업자는 반드시 배관의 교체를 권할 것이나, 이 때는 갱생법으로 충분히 보완할 수 있다고 생각해도 좋다. 따라서 이러한 경우에는 나중에 충분히 검토한 후에 회답하겠다고 일단 대답한 후에, 즉시 갱생 공사 준비에 들어간다.

배관검사는 급수관 뿐만 아니라 급탕관, 난방관, 냉방관, 배수관에 대해서도 실시하도록 추천한다.

3. 6 배수관이 동관일 경우는 충분한 검사를

최근의 배수관은 주로 염화비닐관 또는 염화비닐 아스베스트관을 사용하고 있지만, 종전에는 백관이나 주철관이 주로 사용되었다. 이처럼 철을 주체로 한 배수관은 경사가 완만하여 항상 물이 고여 있는 상태에서는 부식이 현저하기 때문에 누수현상이 발생하거나 녹이 부풀어 올라 막힘이 점차 심화될 우려가 있으므로 계속적인 배관검사를 실시해 감시하던가 방식조치를 할 필요가 있다.

현재는 우수한 방식조치가 여러가지 나와 있으므로, 충분히 연구 검토하여 조치하기 바란다. 배수관은 오수가 통과하기 때문에 누수가 발생하면 위생적인 문제와도 결부되어 나중에는 아주 골치아픈 문제가 되므로 하루라도 빨리 대응하는 것이 바람직하다.

4. 배관은 어떻게 녹스는가, 녹 발생의 조건은 ?

(강관에서 녹슬기 어려운 물을 만들 수는 없는가)

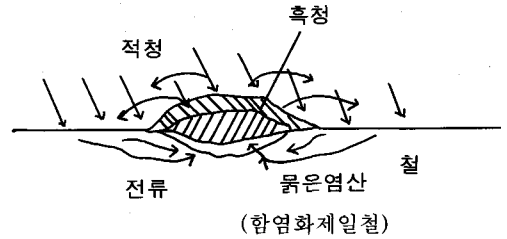
수질에 따라 녹을 쉽게 유발시키는 물과 그렇지 않은 물이 있다. 그런데 식수는 강관의 부식을 최소화하는 방법으로 제조되는 것이 아니라, 인체에 유해하지 않은 범위내에서 허용농도를 정하고 있다. 때문에 배관의 재질에 따라서는 부식으로 철분이 허용농도를 넘거나, 녹으로 인해 잔류염소농도가 소비되어 허용농도에 미치지 못하는 경우가 종종 있다.

철은 저pH(6이하), 잔류염소, 동이온, 그리고 용존산소(이상 3가지는 산화제) 및 염소이온 등에 영향을 받아 녹슬게 된다.

녹슬지 않은 조건으로는 고pH(9이상), 물에 포함된 스케일 석출의 조건을 만족할 때(탄산칼슘, 규산칼슘 등), 산화제가 존재하지 않을 때 등이 있으며, 이 조건을 만족하는 식수의 제조가 가능하다면 모든 배관을 강관으로 하되 부식억제가 가능한 가장 우수하고 경제적인 방법을 선정한다. 단, 모든 정수장에 첨가하는 것만으로 만족할 만한 탄산칼슘 등의 석출을 기대하기는 어렵기 때문에 각지의 분기점에서 보충할 필요는 있으나 배관의 방식이 가능하다면 모든 점에서 트러블이 해소될 것은 분명한 사실로, 물을 만드는 수도국에서 반드시 검사해야 할 과제이다.

일수콘의 회장은 식수제조에 있어 황산벤드 첨가후의 중화에 소석회를 사용, 탄산칼슘의 석출을 촉진시켜 강관의 표면에 피막을

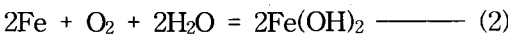
형성시킴으로써 철의 부식을 억제하지 않으면 안된다는 것을 수년전부터 강조해오고 있으며, 전국각지에서 실시직전에 있는데 실시한 곳에서는 상당한 성과를 올리고 있다고 들었다. 이러한 방법들이 하루속히 그 지방의 수도국 주관하에 실시되었으면 하는 바이다.



<그림-1> 철의 부식 발생 경로

5. 철이 녹스는 조건

철은 녹슬기 쉬운 금속중의 하나이며, 물에 포함된 성분의 종류에 따라 부식의 상황도 다르다. 예를 들어 물을 pH3이하의 산성 상태로 변화시키면 철은 심하게 수소가스를 발생하면서 녹이 시작한다. pH가 3이상이면 거의 일정량이 부식되어, 물에 녹아 있는 용존산소(이하 DO이라 함)에 비례해서 부식하게 된다. pH가 11을 넘게 되면 부식은 극단적으로 감소해 부식량을 무시해도 될 정도가 되지만, 이러한 수질은 식수로서는 존재하지 않기 때문에 일반적으로 철의 부식은 다음 2가지로 반응으로 진행한다고 생각할 수 있다.



(1)은 수소발생형 부식, (2)는 산소소비형 부식이라 한다. (2)의 반응식에서 생성되는 수산화제일철(청색 녹)은 환원성이 높아 DO와 접촉하자마자 산화되어 수산화제이철(붉은 녹)과 사삼산화철의 수화물(검은녹)로 변한다. DO가 적은 수중에서는 푸른 녹이 검은 녹, 붉은 녹으로 변한다.

부동태의 가장 얇은 부분은 신속한 전자공급이 가능하므로 다른 부분보다도 (1)의 반응이 뚜렷하고, 나머지 부분에서는 (2)의 반응이 종속적으로 일어나게 된다. 이러한 현상은 전기적 회로를 조성해 전지 형성이 이루어지면서 국부부식으로 발달해 간다.

<그림 -1>은 철의 부식발생에 관한 그림이다.

위의 그림과 같이 공식의 발달은 “녹 덩어리”를 형성, 울퉁불퉁한 녹으로 성장해 배관을 막게 된다. 녹 덩어리의 단면도는<그림 -1>과 같으며, 공식이 발생해 있는 부분은 전기적으로 양극을 띠게 되므로 염소이온이 우선적으로 모여 들어 산성화된 다량의 철이온을 포함한 수용액이다. 그 위에 제일철이온과 DO가 반응해 형성한 검은 녹, 그위에 붉은 녹이 얹힌 형상을 하고 있다.

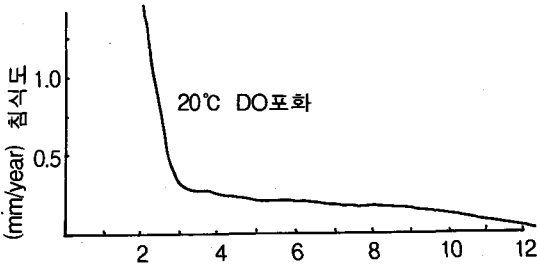
5. 1 물의 pH와 부식과의 관계

<그림-2>는 물의 pH와 철의 부식도에 관한 것인데, pH3 이하의 산성수중에서는 철의 부식이 현저해 수소발생형 부식이 되며, pH3 이상의 중성에서는 산소소비형 부식이 됨을 나타내고 있다.

산소소비형 부식은 철 표면에 산화철의 피막을 형성하면서 용해되기 때문에 수소발생형보다는 부식속도가 훨씬 느리다. 용기에 물을 넣고 그 속에 철의 시험편을 넣어 테스트 하면 용존산소 공급의 불균형으로, 정지해 있는 상태나 천천히 움직이는 상태에서는 부식하는 장소가 변화한다. 천천히 유동시켰을 때는 평균적으로 부식되고, 거의 움직이지 않았을 때는 용존산소가 부족한 표면이 녹의 발생 장소가 된다.

급수관의 경우에도 평균적인 부식이 되는 경우는 극히 드물어 대부분 불균일한 부식을 나타낸다. 불균일한 부식은 국부적으로 pH가 낮은 부분을 만들어 높은 부식환경이 된

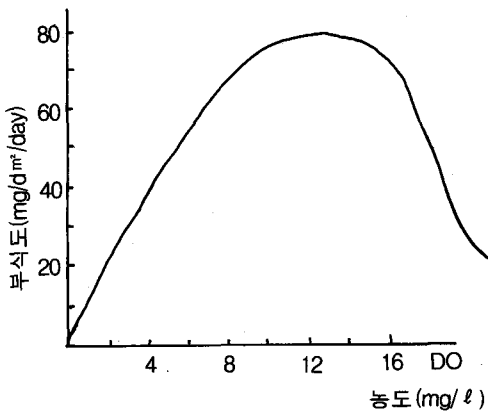
다.



<그림-2> 철의 부식에 미치는 PH의 영향

5. 2 DO와부식의 관계

수중의 DO는 부식과 깊은 관계를 갖고 있어 DO가 전혀 포함되어 있지 않은 수중에서는 철이든 동이든 부식은 전혀 일어나지 않는다. <그림-3>과 같은 철은 DO가 적을 때는 DO의 농도에 거의 비례해서 부식되지만 15ppm을 넘으면 부동태 피막의 형성으로 부식이 감소함을 알 수 있다. 이러한 부동태피막은 시간의 경과와 함께 두꺼워져 물에 포함되어 있는 침착성분의 석출로 더욱 견고한 피막으로 발달, 부식이 완전히 억제되는 부분도 존재하게 된다. 그러나 대부분은 피막이 형성되기 전에 공식부분이 나타나 녹 덩어리로 발달한다.



<그림-3> DO의 농도와 철의 부식관계

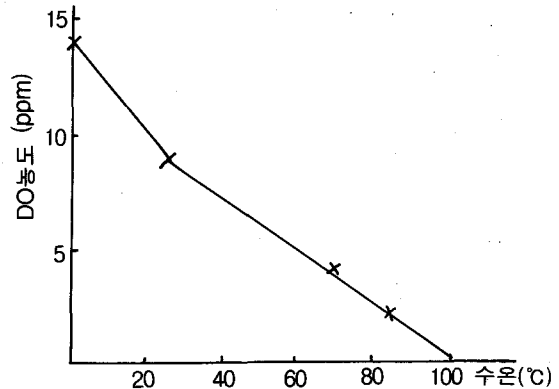
이러한 DO의 부식은 수중에 포함되어 있는 염분의 종류와 양에 의존하게 되는데, 염분의 종류와 양을 일정하게 유지했을 경우 DO와 부식의 관계는 <그림-3>과 같다.

5. 3 수온과 부식의 관계

수온과 용존산소의 용해도와의 관계는 <그림-4>에 나타낸 바와 같이 수온의 상승과 함께 감소한다. 겨울철에는 수온이 낮아 지므로 당연히 용존산소의 용해도는 높아지게 된다. 빌딩이나 아파트의 물탱크로부터 실온이 높은 부분의 배관으로 물이 이동해 가면, 배관 내부에서는 수온이 조금씩 상승해 관벽에서 기포가 발생하게 되며, 기포가 발생하지 않은 부분과의 사이에 전기적인 불균형이 야기되어 기포가 적은 부분이 부식되어 녹물이 나오게 되는 것이다.

위와 같은 경우를 제외하고는, 일반적으로 수온과 부식량과의 관계는 10°C상승할 때마다 6%증가해 수온이 높을수록 부식량이 증가한다. 단, 배관계통에서는 수온의 상승과 함께 물에 녹아 있는 공기의 용해도 감소로 가스체의 공기가 관벽에 축적되기 때문에 다소의 차이가 있다.

특히, 급탕 보일러의 경우는 보일러가 가열되면 물에 녹아 있던 공기가 가스체로 되어 분리되기 때문에 공기가 정체되는 부분과



<그림-4> 수온과 DO 용해도의와의 관계

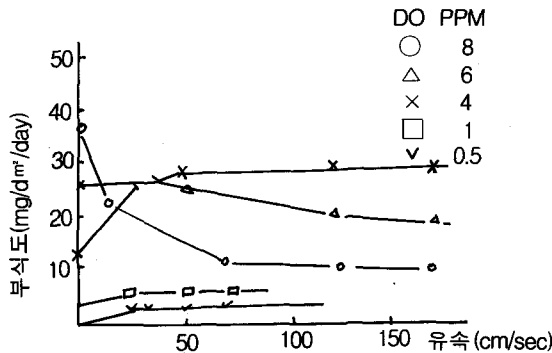
그렇지 않은 부분과의 전기적 불균형으로 부식의 진행이 예상된다. 또 물과 공기흐름으로 인한 불균형이 부식을 발생시키기도 한다.

5. 4 유속과 부식의 관계

유속에 의해서도 부식량은 변화한다. 이것은 유속에 의해 수중의 DO가 철에 충돌하는 비율이 증가하기 때문이다.

그런데 유속 및 DO농도와 부식량의 관계는 <그림-5>와 같이 DO가 1ppm 이하일 경우 부식량은 유속에 관계없이 거의 일정하지만, 3ppm정도의 범위에서는 유속과 더불어 조금씩 상승하는 경향을 보이며, DO가 5ppm 정도에서는 유속 1m/sec까지는 부식량이 다소 상승하지만, 그 이상의 유속이 되면 약간의 감소경향을 보이다가 DO가 포화상태가 되는 8ppm에서는 유속의 증가와 더불어 급격하게 감소해 피막이 형성됨을 암시하고 있다.

온수보일러에 의해 가온된 온수에 대해서도 동일한 부식현상이 예상되어 어중간하게 가온되어 DO가 감소한 온수에서는 부식이 증가하게 된다. 온수보일러의 경우는 반드시 공기제거를 위한 공기제거용 밸브가 설치되는데 조금이라도 공기를 배관 밖으로 배출하는 연구가 필요하다.



<그림-5> 철의 부식에 미치는 유속과 DO농도의 영향

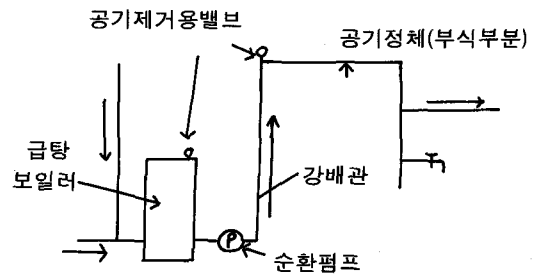
5. 5 물에 대한 수압과 공기의 용해도

수압에 따라 공기의 용해량이 다르기 때문에, 고층빌딩이나 아파트와 같은 높은 건물에서는 상부와 하부의 수압에 상당한 차이가 있어 공기의 용해량에도 차이가 발생한다.

잘 알려진 바와 같이 가스체의 용해도는 헨리의 법칙에 의해서 수압에 비례해서 용해도가 상승하기 때문에 사용개시시에 1단계 부분의 메인관에 공기가 채류되면 DO의 농도가 상당히 높아져 그 부분에서는 부식이 억제되지만, 다른 부분에서는 DO농도가 그만큼 증가하지 않을 수도 있기 때문에 마크로적인 부식으로 발전할 가능성이 있다. 따라서 사용개시시에는 가능한 한 공기를 제거하는 것이 중요하다.

5. 6 공기제거가 용이한 배관으로 할 것

사용개시시에 급수관의 공기 채류를 방지해 두는 것은 철의 부식을 가중시켜 바람직하지 않으므로 위의 <그림-6>과 같은 배관은 가능한 피해야 한다. 어쩔 수 없는 경우에는 공기제거용 밸브를 설치해 가능한 빨리 배관 밖으로 배출해야 한다.



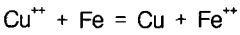
<그림-6> 급탕배관과 공기 정체에 의한 부식

5. 7 동관과의 접촉으로 인한 부식

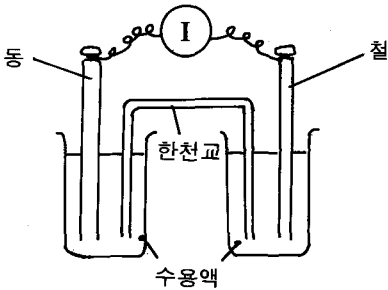
금속의 물에 대한 용해 정도를 "이온화 경향"이라 하는데, 아래 <그림-7>에 나타난 것처럼 A 비이커에는 1N의 황산동용액과 동전극을, B 비이커에는 1N의 황산제일철용액과 철전극을 넣은 후, 두 비이커를 황산

나트륨이 들어 있는 한천교로 묶어 동과 철 사이의 전압을 측정한다. 동과 철 사이에는 0.44V의 전압차가 발생하여 동에서 철의 방향으로 전류가 흐르게 된다.

이처럼 철과 동을 용접 또는 후렌치로 직접 접속하면 철의 부식이 촉진되어 이상부식이 발생하므로 반드시 피해야 한다. 또 간접적으로 접속시켜도 수류가 동에서 철의 방향일 때는 동이 조금씩 이온화되어 용해하기 때문에 철표면에서 다음과 같은 반응이 일어난다.



이처럼 동이온이 철 표면위에 금속동으로 석출되어 동과 철이 직접 접속했을 때와 같은 현상이 발생하므로 동일한 배관계에 동과 철을 사용하는 것은 부적당하다는 것이 실증되고 있다. 마찬가지로 스테인레스도 수중에서는 동과 거의 같은 전위를 갖기 때문에 스테인레스와 철의 접합도 바람직하다고 할 수는 없다.



<그림-7> 철과 동과의 접촉부식 관계

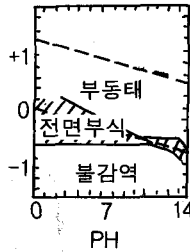
5. 8 철의 전위-pH 도

철의 부식상태를 예측하기 위해서 전위-pH도가 자주 사용된다. 전위-pH는 이론적으로도 증명되지만, 실험적으로도 확인되고 있기 때문에 여기서는 실험적으로 표현한다. <그림 8,9>는 철의 전위-pH도이다.

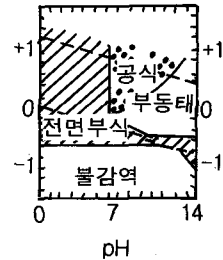
전위가 + 방향일 때에는 산화상태이고, -

방향일 때에는 환원상태에 있다고 생각하면 된다. 공기로 포화되어 있을 때는 다량의 산소가 포함되어 있기 때문에 전위가 높아지면서 부식영역으로 돌입하게 되며, 공기가 충분한 상태에서는 부동태영역으로, 그리고 염소이온이 존재하는 경우에는 <그림-9>와 같이 대부분 공식영역으로 돌입하게 된다. 또한 pH9 이상의 알카리 상태에서는 부동태영역으로 철은 부식하지 않은 영역에 있게 된다.

이 전위-pH도는 물의 pH와 산화환원상태의 측정만으로 그 금속의 부식을 예상할 수 있어 아주 편리할 뿐만 아니라 모든 금속에 대해 작성되어 있어 장치재료의 선정에도 도움이 된다.



<그림-8> 철의 전위-pH도 (실험적 부식도)



<그림-9> 철의 전위-pH도 [Cl]⁻10⁻²(355ppm)의 조건 하에서의 실험적 부식도

5. 9 아연피복강관의 위치선정

아연은 철보다 낮은 금속(낮은 전위에서 평형)이므로, 철 위에 아연도금을 하면 아연이 우선적으로 용해되어 철을 보호하는 역할을 한다. 특히 센물의 경우는 아연의 표면에 견고한 염기성 탄산아연의 피막이 형성되어 철면이 노출되어 녹물이 나오는 경우가 거의 없다.

얼마전까지는 이러한 아연피복강관이 급수관으로 사용되어 오다가 1983년 4월 이것이 금지되면서 현재는 염화비닐 라이닝강관이나 폴리에틸렌 라이닝강관이 대체품으로 사용되

고 있는데, 이 라이닝강관에도 많은 문제가 잔존하고 있다.

5. 10 라이닝강관의 문제점

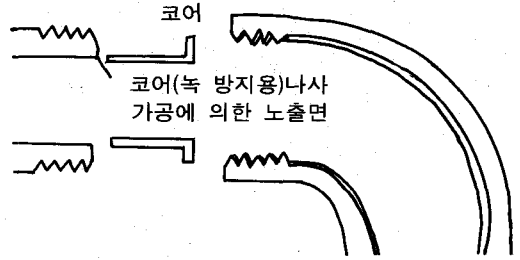
라이닝강관은 유기피막으로 덮여 있는 부분에서는 부식의 위험이 전혀 없지만, 연결 부분에서는 필요한 길이로 자른 후에 나사에 홈을 파서 접속하기 때문에 자른 부분과 홈을 판 부분에서 철이 노출되므로 <그림-10>과 같이 특수 코어를 라이닝관의 내부에 Seal제를 도포해 고정하게끔 되어 있는데, Seal제가 완전히 건조하지 않은 상태에서는 내식성을 기대하기 어려워 10년도 경과하지 않아 철면이 물에 노출되면서 부식이 그 부분에만 집중된다.

특히, 스테인레스와의 접속이 있을 경우 상당한 거리를 두고 있어도 마크로부식이 진행되어 마이너스 이온의 이행으로 철 부분이 산부식되는 등의 이상부식을 동반하는 경우가 종종 있다. 부식이 진행되면 라이닝한 염화비닐 피막과 강관과의 틈사이에 부식이 진행되어 녹이 발생, 라이닝 피막을 들어내는 경우도 있다.

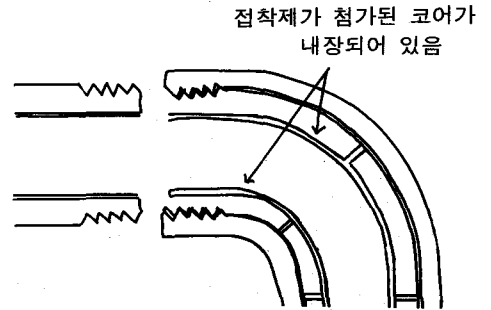
라이닝관은 종래 사용했던 강관에 비해 가격은 20-30% 비싸지만 내구년수는 비슷하기 때문에 최선책이라고는 할 수 없다. 최근에는 <그림-11>과 같이 엘보나 티의 안쪽에 염화비닐관을 내장한 신형부품이 발매되고 있으며, Seal제도 Putty Type이 개발되어 나사 삽입만으로 Seal이 완료된다.

이 방법의 채용으로 인해, 지금까지 Seal의 도포가 배관 관련업자의 경험에 의해 시공되고 있었던 배관에도 간단한 Seal 기술을 사용함으로써 성공적인 시공을 기대할 수 있게 되었다. 그러나 가격이 라이닝강관에 비해 상당히 비싸기 때문에 다른 방법과 경합할 때 어느정도 보급될 수 있을까 하는 문제는 향후의 가격조정에 달려있다 하겠다.

[아무튼 피복되지 않은 관은 산소를 포함하는 물에서는 부식하기 때문에 소정의 대책이 필요하다.]



<그림-10> 기존라이닝 강관의 접합



<그림-11> 새로운 라이닝용 접합

[다음호에 계속]