

스프링클러 배관의 부식 특성과 대책에 관한 연구

A Study for the Corrosion Property of Sprinkler Pipe and the Solution

김동성* · 조원철** · 김병선*** · 이태식****

Kim, Dongsung · Cho, Woncheol · Kim, Byungseon · Lee, Taeshik

Abstract

This study is for the corrosion property of sprinkler pipe and the prevention solution. The main causes of corrosion are the deterioration of pipe and wrong installation of pipe. This study includes the property of stainless pipe that is widely used as sprinkler pipe and other kinds of pipe, the theory of corrosion procedure and the result of test that is performed to ascertain the advance degree of corrosion about "A" factory complex using pipe samples that were collected at designated point of each factory complex.

Key words : Sprinkler. Pipe, corrosion

1. 서 론

인류가 고안해 낸 많은 소방 설비 중에서 스프링클러만큼 광범위하게 이용되고 신뢰할 만한 설비는 드물다. 도시가 발달하고 고층빌딩이 등장할 수 있게 된 것도 스프링클러의 발달에 힘입은 바가 크다.

이러한 스프링클러 설비는 제조사의 사양이나 시스템구성에 따라 점검과 조작방법이 다르므로 정상적인 운영을 위해서는 설계, 시공 및 인수단계에서 단계별로 정확한 개념의 도입과 반영 및 유지관리를 위한 체계적인 수립이 정립되어야 한다. 그러나 대부분의 건축물에서는 이러한 사실을 간과하고 스프링클러의 유지보수부분이 매우 취약한 것이 현실이다.

본 연구는 각 건물동의 사례를 중심으로 노후 배관에 대한 부식 정도를 분석하고 개선대책을 수립하여 스프링클러시스템의 정상 작동을 확보하는데 목적이 있다.

2. 본 론

2.1 스프링클러 배관의 부식 특성

공학적인 견지에서 부식은 금속 구조물이나 부품이 산화물을 형성하여 기계적 역할을 감당할 수 없게 하는 손상 과정이며 경우에 따라서 장치물이나 구조물에 파괴를 유발시켜 중대한 경제적 손실을 초래할 수 있다. 따라서 부식 손상에 대한 기초적인 원리와 손상유형 및 사례분석은 정상적인 시스템 구성에 필수적인 과정이며 이를 통하여 부식 손상의 제어와 방지에 효과적인 대책을 수립하는 것이 필요하다.

(1) 지중매설배관의 부식

토양부식이라고도 하며 일반적으로 함수량, 비저항, 산화환원전위(酸化還元 電位 <ORP>), 복극작용(復極作用), 토양의 pH, 함유염류농도(含有鹽類 濃度<Cl⁻, SO₄²⁻, HS, S등>) 등의 값이 복합적으로 작용한다. 일반적으로 비저항 값이 수천 Ω-cm 이하의 고저항 토양에서의 부식은 아주 완만한 것으로 되어 있으나 해

* 연세대학교 공학대학원 방재안전관리전공, 석사과정
** 정희원, 연세대학교 교수, 방재안전관리전공 주임교수
*** 연세대학교 교수, 방재안전관리전공 지도교수
**** 정희원, 연세대학교 겸임교수, 방재안전관리전공 지도교수

수가 침입하는 저지(低地)나 매립지와 같이 100~300Ω-cm 정도의 저저항 토양에서의 부식은 아주 심각하다. 토양의 산성이 강하고 pH가 작으면 수소 발생형의 음극반응이 일어나기 때문에 부식속도가 빨라진다.

(2) 수중에서의 배관의 부식

철(Fe)은 물과 산소존재 하의 중성수 용액 중에서는 다음과 같은 식처럼 반응하여 수중으로 용출한다. Fe(OH)₂ (수산화제1철)은 용존산소에 의해 산화하여 변화하며, Fe(OH)₃ (수산화 제2철)은 Fe(OH)₂ 에 비해 물에 용해되기 어렵기 때문에 모두 침전하여 이른바 붉은 녹인 Fe₂ O₃ ·3H₂ O가 되는 것이다.

(3) 미생물에 의한 부식(Microbiologically Influenced Corrosion)

MIC가 스프링클러설비 배관에 미치는 결정적인 영향은 크게 배관의 조기파손 문제와 설비의 작동고장 문제로 구분할 수 있다. 특히, MIC에 의한 부식은 건식설비(Dry Type)스프링클러 시스템에서 문제가 되고 있다. 이것은 기체가 가장 액화되기 쉬운 조건을 구비한 시스템상의 특성에 기인한다. 즉, 배관 상에 압축된 기체는 외부온도가 낮을수록 응축수가 형성되는 데, 이러한 시스템 특성에 따라 배관내부에서는 잔여물, 응축수 및 일반적인 부식 반응에서 생긴 부산물을 박테리아가 섭취하고 박테리아로 인한 부산물로 부식의 속도가 가속화 하는 것이다.

(4) 배관의 구상 부식(Grooving Corrosion)

배관의 부식 문제 중 구상 부식은 단시간에 발생하는 특수 형태의 부식 문제로서 구상 부식이란 전기 저항 용접 배관에서 용접부가 집중적으로 부식되어 도랑 형태의 손상이 나타나는 것을 말하는데 심할 경우 준공 후1년 이내에 파공되어 누설이 될 수가 있다. 일반적으로 전기 저항 용접에서는 용접부의 모재 일부가 용융 상태에서 접합되었기 때문에 조직이 변하게 된다.

2.2 부식진단의 이론적 고찰

배관의 부식도 검사는 산업안전기준에 관한 규칙 제283조의 규정에 의한 기술지침을 근간으로 하며, 사업장내 노출된 스프링클러 소화배관에서의 부식도 검사방법으로 비파괴검사와 배관의 기계적 성질 등의 변화에 대해 고찰해보고 건식설비의 부식에 대한 보다 정확하고 신뢰성 있는 원인을 추정하였다.

(1) 스프링클러 배관 부식 이론

여러 검사 방법 중에서 부식량에 의한 배관의 두께를 측정하는 방법으로 일반적으로 초음파탐상에 의한 검사를 실시한다. 이 방법은 초음파를 시험체 내로 보내어 시험체 내에 존재하는 불연속을 검출하는 방법으로서 시험체 내의 불연속 부로부터 반사되는 에너지량, 송신된 초음파가 시험체를 투과하여 불연속 부로부터 반사되어 되돌아올 때 까지의 진행시간, 초음파가 시험체를 투과할 때 감쇠되는 양의 차이를 적절한 표준자료(Standard data)와 비교하여 결함의 위치와 크기 등을 측정하는 방법이다.

(2) 배관의 기계적 성질 분석

소화배관에 대한 기계적 성질의 상태분석 시험은 KS D 3507 배관용 탄소 강관 (Carbon Steel Pipes for OrdinaryPiping, KS D 3507 / KSD3507)에 준한다.

2.3 배관시료 채취 및 실험

(1) 배관시료 채취

배관의 부식상태 및 문제점을 확인하기 위해 'A'공장의 건물동 별로 배관 시료를 채취하였다.

(2) 실험 결과

가. 부식도 외형 검사

부식도 외형 검사결과 다음과 같이 나타났다.

N0	위 치	관경(mm)	부식정도	준공년도
1	A1동 지하	100	D	'91.05
2	A1동1층 복도	25	B	'91.05
3	A1동M1층	40	D	'91.05
4	A1동M2층	50	B	'91.05
5	A1동2층	50	B	'91.05
6	A2동1층	65	C	'93.01
7	A2동2층	25	D	'93.01
8	A2동3층	50	D	'93.01
9	A3동지하	25	C	'95.08
10	A3동1층	100	D	'95.08
11	A3동2층	100	C	'95.08
12	A3동3층	50	C	'95.08
13	B동 공동구	100	D	'92.01
14	C동 공동구	40	B	'91.12
15	C동 지하	25	B	'91.12
16	C동 식당1층	25	B	'91.05
17	C동 식당2층	80	C	'91.05
18	D동 2층	50	D	'95.09
19	D동 지하	50	D	'95.09
20	E동1층	25	B	'92.10
21	E동3층 복도	80	D	'92.10

표 2.1 부식도 외형 검사결과

- 1) A : 강의 표면이 치밀한 압연(아연도금) 스케일로 완전히 덮여있으며 녹이 거의 없는 상태
- 2) B : 강의 표면에 녹이 슬기 시작하고 압연(아연도금) 스케일이얇은 판상(板狀)으로 되기 시작한 상태
- 3) C : 강의 표면에 있는 압연(아연도금) 스케일에 녹이 슬어 떨어져 나갔거나 또는 손으로 쉽게 떼어 낼 수 있으나 孔蝕(Pitting) 현상을 육안으로 보아서 거의 보이지 않는 상태
- 4) D : 표면의 압연(아연도금) 스케일이 완전히 떨어져 나가고 공식이 육안으로 잘 보일 정도로 심한 상태

나. 비파괴 검사에 의한 배관두께 측정

공식의 깊이(Pit)를 측정하기 위한 시편은 Scale을 제거한 뒤 국부적인 부식이 가장 심한 자재동 지하층의 시료(50A, 두께3.25mm)를 대상으로 3개소를 측정하였으며, 측정 장비는 초음파 두께측정기(Model, T1 65W)를 사용하였다. 측정된 값은 다음과 같다.

	1회	2회	3회	합계	평균
P1	2.7	2.8	2.8	8.3	2.76
P2	2.9	3.0	3.0	8.9	2.96
P3	3.0	3.1	3.1	9.2	3.06

표 2.2 각 부위별 채취된 배관에서 관찰된 pit의 최대 깊이 (단위: mm)

다. 배관의 기계적 성질 변화 분석

각 동별로 5개의 시료를 채취하여 배관의 기계적 성질 변화를 분석하였다.

시료구분	기준(%)	1	2	3	4	5
P	0.04 이하	0.006	0.006	0.012	0.007	0.004
S	0.04 이하	0.008	0.004	0.004	0.005	0.002

표 2.3 화학성분 분석 결과

시료구분	기준	1	2	3	4	5
KS D3507	294 이상	362	338	391	425	408

표 2.4 인장강도 실험 결과

시료구분	기준(%)	1	2	3	4	5
KS D3507	25이상	29	27	29	12	33

표 2.5 연신율 실험 결과

3. 결 론

본 연구는 화재 소화장치로 가장 효과적이며 널리 사용되고 있는 스프링클러의 배관에 대하여 노후화 시 나타날 수 있는 부식에 대한 특성과 그 방지대책에 대해 연구한 것으로 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

첫째, 건물 내부에 설치된 건식설비 41개소 중에서 시료는 총 21개소를 채취하였으며, 외형점검결과 부식의 정도에 대한 판별기준은 스웨덴 표준규격 (SIS 055900)을 적용하여 부식의 정도를 A, B, C, D등급으로 구분한 결과 부식이 심한 D급은 42.9% (9/21), C급은 23.8%(5/21), B급 배관은 33.3%(7/21)로 확인되었다. 이러한 상황 하에서의 큰 문제는 생성된 Scale이 헤드의 살수를 방해하는 장애요소로 작용되어 유사시 정상적인 기능을 발휘할 수 없다는 것이며, 주요 원인은 공기압을 압축한 건식배관의 특수성에 따른 것이 일차적인 문제라고 할 수 있겠으나 시공상의 배관의 기울기 오시공, 배수배관의 누락 및 배수배관의 설치상의 오류 등의 문제가 근본적인 원인이라고 할 수 있다.

둘째, 배관의 기계적 성질 변화 분석을 위해 화학성분분석 실험과 기계적 인장시험을 하였으며 화학성분 분석 시 5개의 시편에 대한 P와 S의 함유량이 0.04% 이하로 확인되어 KS D3507의 기준치를 충족하고 있음을 확인할 수 있었다. 인장시험의 경우 인장강도는 모두 기준치를 초과하는 것으로 나타났으나, 파단율은 부식으로 인해 기준치에 미달하는 시료가 나타났다. 이에 따라 2차측 배관의 Leak가 심한 경우 즉각 교체를 하여야 하며, 청소구를 분기할 때에는 수평주행배관에서 하부분기를 하는 것을 원칙으로 하여야 한다. 또한 국내에서 생산되는 알람벨브는 가속기(Accelerator)만 부착되어 있기 때문에 QDS(Quick Drain System)를 설치하는 것이 필요하다고 판단된다.

본 연구는 일부 건물 사례만을 제시하였기 때문에 배관부식에 전반적인 사항에 대하여 논하기에는 분명한 한계가 있었다. 그러나 앞으로의 계속적 연구를 통해 본 과제의 연구범위를 확대한다면 스프링클러의 배관부식을 사전에 예방하여 소방시설유지관리에 만전을 기하고, 유사시 스프링클러의 정상작동을 통해 인명과 재산을 보호함은 물론이고, 본 자료가 실무 관계자에게 조금이나마 도움이 되길 바란다.

참고문헌

1. 고한목, 방재·소방설비기술 총람-상, 도서출판 의제, 1997
2. 현성호외 5인, 화재원론, 동화기연, 2001
3. NFPA, 자동식 스프링클러설비 핸드북, 2002년판 및 NFPA 13, NFPA 25
4. 신승엽, 이수경, 정기신, 안병국, 스프링클러 시스템의 가지 방식과 격자 방식에 관한 비교연구, 2006
5. 김명래외2인, 소방시공감리, 동학사, 2005
6. 이수경, 방재·소방설비의 기술, 도서출판 의제, 1998
7. 오키마을(<http://www.okitown.pe.kr>) 검색자료
8. 윤병하. 김대룡 공저, 금속의 부식과 방식개론, 형설출판사, 1992
9. 최병학, 금속 손상 진단, 진명사, 1997