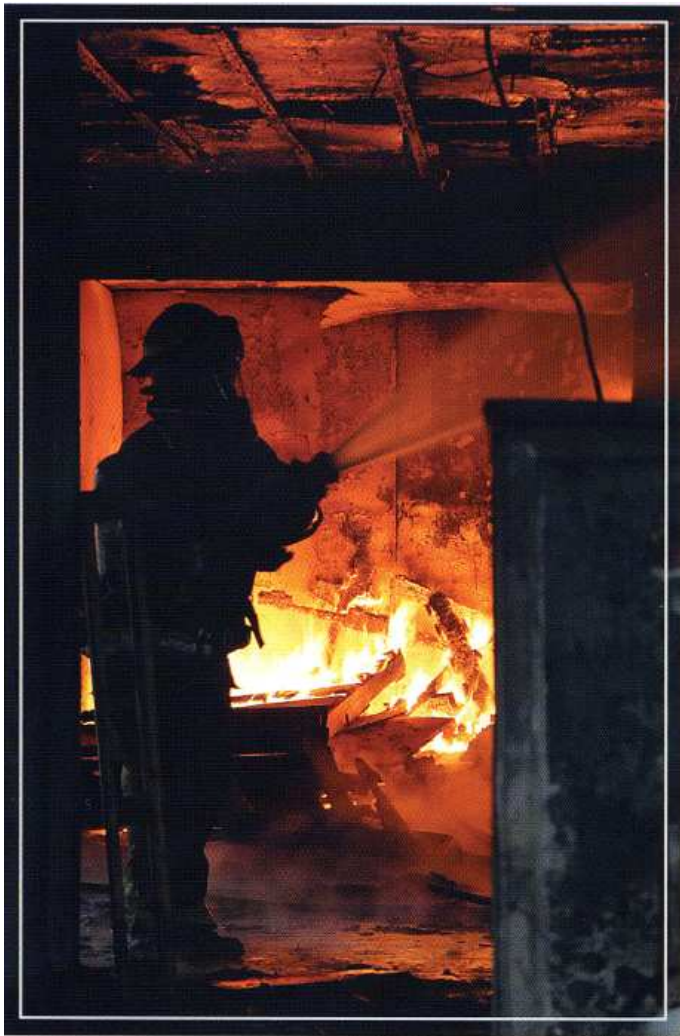


## 자동식 스프링클러설비의 유지관리

Jignesh Maun



### 서문

자동식 스프링클러설비는 화재로부터의 생명, 재산, 그리고 사업장 손실의 위험을 크게 줄인다. 역사적으로 보았을 때 적절하게 설계되고 유지관리되는 자동식 스프링클러설비는 아주 효과적이고 신뢰성 있는 실내 화재 진압 방법이다. 이러한 설비의 장점을 살리기 위해서는 첫 번째로 설비가 관련 규정이나 표준에 따라 적절히 설계되고 설치되어야 하고, 두 번째로는 설비의 정기적인 검사, 시험 및 유지관리가 이루어져야 한다.

본 논문은 자동식 스프링클러설비의 유지관리 중요성에 대해 다룬다. 특히 최근에 NFPA에서 발간된 최신의 응급조치 지침에

따라 부동액에 관해 조명하고자 한다. 통상적으로 간과되어 다루지 않는 미생물학적 부식 또한 본 논문에서 자세히 다루고자 한다.

## 화재 손실 기록

미국은 지난 2009 년에 약 480,500 건의 건물 화재가 있었는데, 이는 전체 화재의 36% 에 해당하는 것이다. 건물 화재로 인하여 2,695 명이 사망하였고 재산 손실은 약 100 억 달러에 달한다. 자동식 스프링클러설비는 인명과 재산피해를 줄일 수 있다. NFPA 화재 통계분석자료에 의하면 적절히 설계, 설치 및 유지관리되는 자동식 스프링클러설비를 구비한 공공 빌딩, 교육기관, 회사 또는 주거용 건물에서 2명 이상의 사망자가 발생한 화재는 기록되지 않았다.

스프링클러는 흔히 신뢰성과 유효성 이라는 두개의 용어로 설명되는데 이 두 용어의 차이를 구분하는 것은 중요하다. “신뢰성”은 스프링클러설비가 고장 없이 작동하는 확률을 나타낸 것이고, “유효성”은 스프링클러설비의 성능을 나타낸다. 2004년부터 2008년까지의 NFPA 통계를 보면, 자동식 스프링클러설비의 신뢰성은 91% 로 예측되며, 유효성은 96% 로 예측되는데, 이는 보고된 모든 화재의 87% 의 경우에 자동식 스프링클러설비가 효과적으로 작동했음을 의미한다. 이 예측은 미국소방청의 국립 화재사고 보고시스템의 5.0버전 (NFIRS 5.0)과 NFPA 의 소방서 연간 설문조사를 바탕으로 한 것이다. 일반적으로 자동식 스프링클러의 유효성과 신뢰성을 결합한 성능은 분말설비, 이산화탄소 소화설비, 포(foam) 소화설비 및 할로겐 설비 등과 같은 여타의 다른 화재방호 설비보다 훨씬 더 높다. 이에 더하여, 자동식 스프링클러설비의 설계, 설치 및 유지관리 비용은 건물의 수명에 대해 균등하게 상환할 수 있다. <표 1>은 자동식 스프링클러설비를 설치함으로써 얻는 비용절감을 나타낸다.

인명을 보호하는데 있어서 스프링클러가 좋은 실적이 있는 것은 의심할 여지가 없다. 또한, 스프링클러를 완비한 건물의 경우 관련 규정에 의해 일부 건축 변경을 할 수 있기 때문에 건물주나 임대인 모두에게 금전적인 이득이 된다. 보험업계 역시 스프링클러를 완비한 건물에 대해 보험료를 할인해 줄 수도 있으며, 일반인들은 안전한 장소에서 생활하고 일할 수 있다는 이점이 있다. 소방서 역시 인적, 물적 자원을 과도하게 사용하지 않을 수 있고, 소방대원들의 안전을 증진할 수 있다는 이점이 있다. 보험업계는 과다한 보험 청구 및 청구 건수를 줄일 수 있다는 이점이 있다. 이처럼 스프링클러설비는 모두에게 이득이 되는 상황을 만든다.

장소	화재사고 당 평균 금전 손실 - 자동식 소화설비가 없는 곳*	화재사고 당 평균 금전 손실 - 습식 스프링클러설비가 있는 곳*	절약금액 %
주택, 아파트	\$ 18,000	\$ 5,000	260
식당 및 주점	\$ 50,000	\$ 13,000	285
의료시설	\$ 11,000	\$ 5,000	120
교육시설	\$ 20,000	\$ 7,000	186
소매상가 및 사무실	\$ 48,000	\$ 31,000	55

\*) U.S. Experience with Sprinklers and Other Automatic Fire Extinguishing Equipment, John R. Hall, Jr., September 2010

비록 자동식 스프링클러설비가 종합적으로 87%의 유효성을 가지지만, 설비가 작동하지 않는 경우가 있다. <표 2>와 <표 3>은 자동식 스프링클러설비의 신뢰성과 유효성을 저해하는 요인들을 나타낸 것이다. 표에서 볼 수 있는 것처럼 유지관리는 자동식 스프링클러설비의 작동성과 유효성을 결정하는 중요한 인자이다. 이 통계는 자동식 스프링클러설비의 적절한 설계, 검사 및 유지관리의 중요성을 보여준다. 모든 건물주(또는 건물주의 대리인이나 다른 책임자)는 자동식 스프링클러설비가 항상 정상적인 작동 상태를 유지할 수 있도록 철저한 계획 및 방식을 유지하고 따라야 한다.

번호	원인*	비율*(%)	사안
R2.1	화재 전 설비 차단	64	유지관리
R2.2	화재에 대한 적응성이 없는 설비	6	초기설계문제 및 추후 용도변경
R2.3	유지관리의 부족	8	유지관리
R2.4	인위적인 개입	17	전략적 결정
R2.5	부품의 손상	5	유지관리

\*) U.S. Experience with Sprinklers and Other Automatic Fire Extinguishing Equipment, John R. Hall, Jr., September 2010

번호	원인*	기여도* (%)	사안
R3.1	소화용수가 화재에 전달되지 않음	44	유지관리, 초기설계, 건물내부 요소에 의한 방해
R3.2	충분치 않은 소화용수 방출량	27	유지관리, 초기설계
R3.3	화재에 대한 적응성이 없는 설비	6	초기설계 및 추후 용도변경
R3.4	인위적인 개입	7	전략적 결정
R3.5	부속품의 손상	8	유지관리
R3.6	유지관리의 부족	8	유지관리

\*) U.S. Experience with Sprinklers and Other Automatic Fire Extinguishing Equipment, John R. Hall, Jr., September 2010

## 유지관리

자동식 스프링클러설비에 대한 유지관리는 2011년 판 NFPA 25, 습식 소방 설비의 검사, 시험, 유지관리에 관한 규정에 소개되어 있다. 4장은 건물주 또는 대표자의 책임에 대한 일반적인 요구사항을 다루고 있고 또한 용도, 위험 물질, 손상, 기록 보존, 교정과 보수 등의 변화에 대한 정보도 담고 있다. 5장은 자동식 스프링클러설비의 검사, 시험, 유지관리의 절차에 대해서 설명하고 있다. 여기에는 측정기, 밸브, 배관, 부품, 스프링클러, 지진 버팀대, 감시 신호 장비 및 배관 내부 검사의 최소 주기에 대해 기술되어 있다. 시험 주기는 검사, 시험, 유지관리 기록의 데이터베이스 확장에 근거하여 갱신된다. 13장은 밸브의 및 밸브 구성요소의 검사, 시험, 유지관리에 대한 정보를 제공한다. 13장의 표 13.8.1은 소화용수 이송에 관한 다양한 부품들, 화재경보와 감시 신호, 설비 보호에 관한 검사, 시험, 유지관리에 관한 절차를 다루고 있다. 이 표는 부품의 결함이 발견되었을 때의 교정 작업에 관해서도 다루고 있다. 주 시험(main test)에 대한 내용 또한 이 장에서 다루고 있다. 14장은 스프링클러 배관 내부의 막힘을 조사하는 것에 대한 정보를 담고 있다. 15장은 스프링클러설비의 사전에 계획된 수리 또는 응급 수리에 대한 정보를 담고 있다. <표 4>는 스프링클러설비가 표준 이하의 성능을 가질 수 있는 요인에 대해 보여준다.

표 4. 스프링클러설비가 표준 이하의 성능을 갖게 하는 요인		
결함	표 2 와 3 에서의 원인 분류	관련 규정
페인트칠된/부식된 스프링클러	R2.3, R3.1, R3.2	NFPA 25, Section 5.2.1.1.1
스프링클러 배관과 부품의 연결이 적절치 않음	R2.3, R3.1, R3.2	NFPA 25, Section 5.2.2
스프링클러 배관이 외력을 받음	R2.3, R2.5, R3.5, R3.6	NFPA 25, Section 5.2.2.2
소화용수 분사패턴이 디플렉터에서 18인치 반경 내의 건물내부 요소나 저장물품 등의 영향을 받음	R3.1, R3.2	NFPA 13, Section 8.5
행거 및 지진대비용 지지대의 손상	R2.3, R2.5, R3.5, R3.6	NFPA25, Section 5.2.3.2
부적절한 동결 방지	R2.3, R3.1	NFPA 25, Section 4.1.1.1
미생물학적 요인에 의해 부식된 스프링클러 배관	R3.1, R3.2, R3.5	NFPA 25, Section 14.2.1.2
접근할 수 없는 위치에 설치된 스프링클러 밸브	R2.1, R2.3, R2.5, R3.1, R3.6	NFPA25, Section 13.2.3
부정확한 계측기 눈금	R2.1, R2.3, R2.5, R3.1, R3.6	NFPA 25, Section 5.3.2.2/5.2.4
스프링클러 배관 내부의 장애물 (금속캔, 돌, 자갈, 옷감, 도구 등)	R2.1, R2.3, R3.1, R3.2	NFPA 25, Section 14.2.1.3

## 동결 방지 대책

동결 방지 스프링클러설비는 “부동액과 소화용수 공급이 연결되어 있는 설비가 부착된 자동식 스프링클러설비가 적용된 습식 스프링클러설비. 소화용수에 뒤따르는 부동액은 화재로 인하여 스프링클러가 작동되면 즉시 배출된다.” 로 정의된다. NFPA 13, 스프링클러설비의 설치에 관한 기준에서는 스프링클러로 보호되는 건물의 모든 영역은 결빙 조건으로부터 보호되어야 함(건물은 화씨 40° 이상을 유지해야 함)을 요구하고 있다. 스프링클러설비는 노출되는 최저 온도에 따라 적절한 농도의 부동액을 첨가함으로써 동결을 방지할 수 있다.

부동액은 상업 용도의 건물에서 60년 이상, 그리고 최근에는 주거 용도의 건물에서 성공적으로 사용되고 있다. 부동액은 통상적으로 디에틸렌글리콜(diethylene glycol), 에틸렌글리콜(ethylene glycol), 프로필렌 글리콜(propylene glycol), 글리세린(glycerin) C.P. 또는 U.S.P 등급을 사용한다. 부동액 타입은 스프링클러설비의 파이프 재질 (금속, 또는 CPVC 등)과 소방용수의 질 (음용수, 비음용수)에 따라 결정되어야 한다. 이하 설명하는 두 가지의 화재 사고는 [3&4] 주거용 스프링클러설비에 사용된 고농도의 부동액의 안전성과 효율성에 대해 의문을 갖게 한다.

첫번째 사고는 2001년 10월에 뉴저지 주 Monmothe Beach에 있는 레스토랑에서 일어난 사고이다. 스프링클러설비는 고농도의 프로필렌글리콜을 부동액으로 사용했는데, 화재발생 직후 분출로 인하여 순간적으로 화재가 확산되었다(flash fire). 확산된 화재는 프로필렌글리콜과 소화용수 혼합액이 전부 소진될 때까지 천장을 따라 레스토랑으로 확산되었다. 화재는 부동액 이후의 보통의 소화용수에 의해 진화되었다.

두번째 사고는 2009년 8월 18일에 캘리포니아 주의 Truckee 에 있는 아파트 단지에서 발생하였다. 화재는 주거인이 주방에서 음식을 할 때 시작되었다. 스프링클러설비는 고농도의 (50~70%) 글리세린으로 충전되어 있었고, 화재발생 직후 분출되어 폭발이라는 결과를 낳았다. 화재에 이은 폭발은 스프링클러 전체의 80%를 작동시켰다. 통상적인 거주지역 화재에 인한 스프링클러 작동은 1~2개 뿐이다.

고농도 부동액의 연소성 때문에 NFPA 기준 심의회는 2010년 8월 NFPA 13, NFPA 13D(1가구 혹은 2가구 주택 및 조립식 주택의 스프링클러 설치에 관한 기

준), NFPA 13R(4층 이하의 주거용 건물 내부의 스프링클러 설치에 관한 기준)에 대한 잠정적인 개정안(TIA)을 내놓았다. TIA는 새로 건설되는 주거용 건물 및 가호(家戶) 구역(1개 이상의 방으로써 조리, 주방, 위생, 숙박 설비를 갖춘 구역)에의 부동액 사용을 금지하고 있다. 이 TIA는 응급조치로 추후 진행될 연구에 따라 부동액의 사용에 대한 지침이 제시될 것이다. 현재 자동식 스프링클러설비에 사용중인 부동액은 잠정적 개정안의 적용을 받지 않지만 NFPA는 이러한 설비에 대한 안내지침을 내놓았다. 이 안내지침은 본 논문 후반부에 다루어질 것이다.

이 두 화재사고는 NFPA, Underwriters Laboratories, Inc(UL), Factory Mutual (FM) Global 및 다른 단체들로 하여금 스프링클러설비의 부동액의 화학적 거동에 대한 연구를 촉발시켰다. 현재 2010년 판 NFPA 13은 사용되는 화학물질 및 동결 방지 정도에 따라 농도 70% 까지 부동액 사용을 권장하고 있다. 하지만 연구의 초기 결과에 의하면 부동액 내의 고농도의 프로필렌글리콜(40%) 또는 글리세린(50%)은 스프링클러 작동 시 폭발 위험을 내포하고 있는 것으로 나타났다. 이 초기 결과에 따라 NFPA는 새로 건설되는 주거용도의 건물에 대해 부동액 사용을 일시적이고 즉각적으로 금지시켰다. NFPA 기준위원회는 저농도의 부동액이 적절한지에 대한 검토 과정을 거치고 있다.

현재 동결 방지 시스템을 재설계하고 개조하는 방안을 발효하는 것은 매우 어렵다. 스프링클러설비에 보온장비를 하는 것은 동결 방지에 대한 효과적인 대안이다. 만약 어떤 이유에서 보온장비를 설치하는 것이 불가능하다면 NFPA는 사전에 공장에서 배합된 프로필렌글리콜 또는 글리세린 부동액을 관할구역 해당기관의 승인 하에 사용하는 것을 추천하고 있다. 프로필렌 글리콜은 최고 40% 농도까지 사용할 수 있고, 글리세린은 최고 50% 농도까지 사용할 수 있다. 다른 부동액에 대한 농도 제한은 현재 연구 중이다. 이미 설치된 부동액을 가진 스프링클러설비는 이 문제 때문에 사용할 수 없는 것은 아니다.



### 미생물학적 요인에 의한 부식

미생물학적 요인에 의한 부식(MIC)는 자동식 스프링클러설비의 모든 타입(구형 또는 신형의 건식 배관 및 습식 배관)의 배관 내부에 영향을 주는 화학 반응이다. MIC는 정체되거나 느리게 움직이는 소화용수에 의해 발생한다. 통상적으로 녹이 스는 과정은 금속 배관이 물에 살고 있는 산을 만들어내는 박테리아나 곰팡이에 노출될 때 가속된다. MIC는 다른 타입의 배관에서 나타나지만 철 계열의 배관에서 두드러지게 나타나며 배관이 서로 연결된 부위에서 잘 일어난다. 부식의 정도는 지역적으로 큰 차이가 있는 수질(염분, 조개, 미네랄 등)에 따라 달라진다.

MIC는 배관의 거칠기를 증가시키고 스프링클러 배관의 내경을 50% 까지 감소시킨다. 거칠기 증가는 내부 마찰을 증가시켜서 소화용수의 흐름을 방해한다. MIC는 또한 스프링클러 오리피스 부분을 막을 수 있으며 이는 스프링클러의 분사 패턴에 영향을 준다. MIC를 발견하지 않고 조치하지 않으면 자동식 스프링클러설비의 성능을 크게 악화시킬 수 있다. MIC의 공통적인 증상으로는 금속 배관

의 내경 감소(배관의 미세한 누수를 야기), 악취가 나는 흑색의 물, 수압의 감소 및 흐름 시험시에 부식으로 인한 불순물 등이 있다. 스프링클러 배관 내의 적갈색이나 흑녹색의 침전물 또한 MIC의 징후이다. 건물주 또는 스프링클러의 유지관리 책임자는 이러한 증상에 대해 즉각적으로 조치해야 한다.

스프링클러 헤드와 배관설비에 대한 육안 검사는 MIC를 감지하는 기초적인 단계이다. 더 자세한 조사로는 상용 검사 장비 이용 또는 검증 기관에 의한 소화용수 시료 채취 등이 있다. 또한 초음파를 이용한 장비로 스프링클러 배관의 내경 감소를 측정할 수 있다. 만약 기초적인 검사로 MIC의 징후를 발견해 낸다면 스프링클러 배관, 배관부품, 스프링클러 헤드의 대표 시편을 채취하여 시험해 볼 필요가 있다. 이러한 시편 채취는 스프링클러설비가 작동하지 못하게 하는데, 적절한 스프링클러설비의 정지 절차는 NFPA 25 에 기술되어 있다.

화학약품을 통해 MIC를 억제할 수 있는데 물에 적당량의 염소를 주입함으로써 효과를 볼 수 있다. 상수도 설비와 연결되지 않은 스프링클러설비는 처리되지 않는 지하수나 표층수를 사용하기 때문에 MIC가 빠르게 진행 될 수 있다. NFPA 25 의 부록 D 에는 MIC의 방지책 및 MIC의 유무를 조사하는 절차에 대해 자세한 정보가 담겨 있다.

효과적인 손실 방지를 위한 방안은 스프링클러설비의 MIC 발생 방지를 위하여 충분한 고려가 있어야 한다. 언급했던 것처럼 MIC는 배관망을 약화시키고, 스프링클러 오리피스에 막힘을 야기하며 소화용수의 원활한 흐름을 저해하고, 수압을 감소시키며, 소화용수 분사 패턴에 영향을 주는 등, 스프링클러설비의 성능을 크게 저해할 수 있다. 이러한 결함은 화재의 규모나 확산을 제어하는 것을 지연시킴으로써 큰 인명과 재산피해를 불러올 수 있다. 보험의 관점에서, 성능이 저하된 스프링클러설비는 완전한 신용을 줄 수 없기 때문에 높은 보험비가 청구된다.





## 결론

약 67%의 스프링클러설비의 고장은 직접적 혹은 간접적으로 스프링클러설비의 관리 부족 또는 부적절한 관리 때문인 것으로 볼 수 있다. NFPA 25 는 자동식 스프링클러설비의 검사, 시험, 유지관리 활동을 언제 어떻게 해야 하는지에 대한 지침을 보여준다. 정기적으로 이러한 표준을 따르는 것은 스프링클러설비의 성능을 획기적으로 개선시킬 것이다. NFPA는 최근 잠정 개정안을 통해 순간적인 화재 확산 및 폭발의 위험성을 가진 고농도의(40% 이상) 부동액 사용을 신축 주거 건물에 적용하는 것을 금지 했다. 주택 소유인은 스프링클러설비 내부의 고농도의 부동액의 부작용을 완화시키기 위하여 NFPA 권고사항을 즉각적으로 따라야 한다. 미생물학적 요인에 의한 부식(MIC)는 정기적인 검사, 시험, 유지관리 때 종종 간과된다. 하지만 MIC가 스프링클러설비에 심각한 성능 저하를 초래할 수 있으므로, 전반적인 작동 성능의 향상을 위해 MIC의 영향을 완화하는 노력이 필요하다.

---

출처 : Fire Detection & Suppression (Spring 2011 Issue)

번역 : 인천 지부 사원 임성윤