

## 클린룸내 스프링클러시스템 신뢰성 향상에 관한 연구

황환성<sup>†</sup> · 송윤석\* · 윤명오

서울시립대학교 방재공학과<sup>†</sup>, 서정대학 소방안전관리과\*

### A Study on the Reliability of Automatic Sprinkler System in Clean Room

Hwang, Hwan Sung<sup>†</sup> · Song, Yun Suk\* · Yoon, Myong O

University of Seoul<sup>†</sup>, Dept. of Fire Safety Management Seojeong College University\*

#### 요 약

본 연구에서는 일반 건물에 적용되는 스프링클러시스템에 비해 보다 높은 신뢰도를 요구하는 클린룸에서의 스프링클러시스템에 대해 국내 L사, S사 클린룸 건설 현장의 방문 조사를 통하여 최적의 소화효과를 발휘하며 신뢰도 향상을 위한 설계 및 시공기술 실태 조사를 분석하여 클린룸 화재로부터 안전성을 확보 하고자 한다.

#### 1. 서 론

##### 1.1 연구의 목적

오늘날 대한민국의 핵심전략사업으로 인정받는 반도체, LCD 산업은 괄목할 만한 성장을 거듭하고 있다. 이러한 최첨단산업의 발전은 실내의 압력, 습도, 온도, 기류의 분포와 속도 등을 일정 범위내로 제어하는 클린룸이 있었기에 가능하다. 그러나 클린룸에서의 화재에 대한 위험성을 최근 각종 연구를 통하여 인지하고 현재는 클린룸내부에 스프링클러 시스템을 적용하는 추세이지만 클린룸의 특수한 공간적 구조에서의 최적의 소화효과를 발휘 할 수 있도록 설계 및 시공단계에서의 스프링클러시스템의 신뢰도 향상을 위한 연구는 미흡한 실정이다.

따라서 설계 및 시공단계에서의 신뢰성 확보를 위한 구체적 방법들에 대해 실태 조사 분석하여 제시함으로써 다양한 분야의 클린룸에 적용될 수 있도록 하여 클린룸에서 화재로 인한 인명손실과 막대한 경제적 손실 방지를 목적으로 한다.

##### 1.2 연구 방법

클린룸의 컴퓨터 시뮬레이션에 근거한 위험성을 조사하고 국내의 클린룸에서의 재난사례를 수집 분석하였다. 국내의 L사와 S사에서 현재 진행 중인 클린룸의 스프링클러시스템 공사현장에 방문하여 신뢰도를 향상시킬 수 있는 방법에 대해 실태조사를 실시하였다.

## 2. 클린룸 스프링클러시스템 주요 관련 규정 분석

클린룸 스프링클러시스템 주요 관련 규정을 분석하면 다음의 표와 같다.

표 1. 클린룸 스프링클러시스템 주요 관련 규정

구분	주요 규정
NFPA	1)클린룸 및 클린존은 전체를 습식 스프링클러시스템으로 한다. 2)클린룸 및 클린존에서 하향기류 내에는 속도형 스프링클러헤드를 사용한다. 3)덕트에 설치된 스프링클러헤드에는 별도의 개폐표시형 밸브를 설치한다.
FM	1)스프링클러는 모든 클린룸 전체Class분류에 상관없이 설치해야 한다. 2)스프링클러헤드는130°F(57°C)등급의 속도형스프링클러헤드를 사용해야한다. 3)덕트의 투영면적에 살수밀도 20 ℓ/min/m <sup>2</sup> (8ℓ/min/m <sup>2</sup> )을 적용할 경우에는 스프링클러헤드사이의 배치간격을 최대 6.6m(3.7m)로 할 수 있다.
KFS	1)클린룸 및 클린존에는 습식 스프링클러시스템 설치가 권장되고 있다. 2)하강기류에 설치된 스프링클러시스템은 속도형 스프링클러헤드이어야 하고, Access Floor아래 공간에는 스프링클러헤드를 설치해야 한다. 3)스프링클러헤드의 표시온도는 57°C이어야 한다.

## 3. 클린룸 스프링클러시스템 설계 및 시공 시 특성 분석

일반 건물에 적용되는 스프링클러시스템의 공사기간은 일반적으로 1.5년 ~ 2.0년 인 데 비하여 클린룸 내 스프링클러시스템 공사는 주로 6개월 미만에 완공 되어져야 한다.

클린룸내의 타 공종도 짧은 공사기간 내에 복잡하게 진행되기 때문에 타 공종과의 일정 협의가 중요하며 클린룸내의 공간적 조건에 충족시켜야 하기에 일반 건물 소방시설공사에 비해 고품질을 요구한다.

모든 장비, 공도구, 자재는 클린룸내 입고전에 알콜로 세정하여야 하며 품질관리자에게 확인 검수 후 입고된다. 클린룸내 출입자는 감정이 충동적이거나 신경질적이지 않아야 하며 육체적으로 신경증 또는 공포증이 있는자는 선별하여 출입을 제한 한다.

## 4. 클린룸 스프링클러시스템 신뢰도 향상을 위한 설계 및 시공방법 실태조사

### 4.1 배관 및 부속 재질

클린룸 스프링클러시스템의 배관 재질은 스테인레스 강관(STS304)이다. 일반 건물에 사용되는 배관용 탄소강관(KSD 3507)은 부식 및 경년변화에 따른 문제점과 시공 시 발생하는 연기 및 미세 먼지로 인하여 클린룸의 구조에는 적합하지 않기 때문이다. 또한 마찰손실이 작아 클린룸내에 배관구경 및 소화펌프용량 설계를 경제적으로 수행할 수 있다. 배관용 탄소강관(KSD3507)을 사용하면 불활성 가스 텅스텐 아크 용접(Inert Gas Tungsten Arc Welding; TIG)을 실시하기 위해서 용접부위 아연 피복을 제거 시 먼지 및 불순물이

부유할 수 있어 클린룸의 Class 관리에 영향을 주워 불량제품 생산을 유발할 수 있고 배관 내 이물질 침입은 스프링클러 헤드에서 방사 시 균일한 살수 밀도를 방해한다.

#### 4.2 전문배관가공 공장

클린룸 스프링클러시스템에 사용되는 스테인레스 강관의 제작은 일정 수준 이상의 품질 관리가 이루어지는 전문배관가공 공장에서 이루어진 후 설치하게 된다.

클린룸 내에서 배관의 제작, 시공 할 경우 배관 접합부의 용접, 절단 작업으로 인한 오염과 취급하는 용접기로 인한 화재 발생 위험이 높은 반면, 클린룸 전문배관가공 공장은 숙련된 전문가에 의해 단기간 내 균일한 품질 수준으로 많은 제작품을 생산할 수 있다.

#### 4.3 Motor Operated Valve (M.O.V)설치

클린룸에 설치되는 스프링클러시스템은 오동작시 수손으로 인해 상상을 초월하는 첨단 고가의 장비에 기능 마비로 막대한 경제적 손실을 초래한다.



그림 1. Motor Operated Valve 설치상태

따라서 배관누수 및 스프링클러 헤드의 파손에 의하여 소화수 방출 시 클린룸 내부에 M.O.V Control Switch를 작동시키면 배수 배관에 설치되어 있는 M.O.V를 개방하여 배관 내의 소화수를 배수시키며, 메인배관에 설치되는 M.O.V를 폐쇄할 수 있도록 설치한다

#### 4.4 격자형 (Grid) 배관 방식 설계

대형 클린룸은 하나의 방호구역의 바닥면적이 3,000m<sup>2</sup> 초과하는 경우가 대부분이기 때문에 펌프 용량, 배관의 구경 등을 수리학적으로 계산한 결과 스프링클러 헤드의 방수압 및 방수량이 방호구역 범위 내에서 소화의 목적을 달성하는데 충분하게 계산하고 소방기술심의 위원회의 심의를 거쳐 격자형 배관 방식을 주로 설계되어 시공된다. 클린룸에 적용되는 격자형(Grid)배관 방식에서 가지배관은 일반적으로 배관 구경이 40A인 한가지 규격으로 사용하기 때문에 배관 제작 설치 시 균일한 시공 품질을 확보하는데 유리하다.

#### 4.5 Auto Air Vent (A.A.V)설치

클린룸 스프링클러시스템 배관 방식은 격자방식이기 때문에 배관 내부에 공기가 존재한다. 현장에서는 배관 내에 소화수 충수시 서서히 밸브를 개방시키고 시험밸브를 개방하

여 배관내 공기고임 현상을 방지하는 방법과 병행하여 습식 유수검지장치 2차측 입상 배관에 자동 에어 밴트를 설치하여 공기 고임으로 인해 발생하는 문제를 해결 한다.

#### 4.6 Sprinkler Flexible Tube(S.F.T) 및 헤드

클린룸의 스프링클러 헤드는 화재를 조기에 감지하여 신속한 소화 성능을 유지하여야 하기에 RTI 50이하, 작동온도 57°C 클린룸 전용 스프링클러 헤드를 사용한다. 클린룸내에서 시스템 실링 구조에 따른 정밀 시공이 이루어 져야 하기 때문에 숙련된 작업자의 기술이 요구된다. 클린룸 내부의 스프링클러시스템에 사용되는 신축배관은 UL, FM승인 받은 제품을 사용한다.

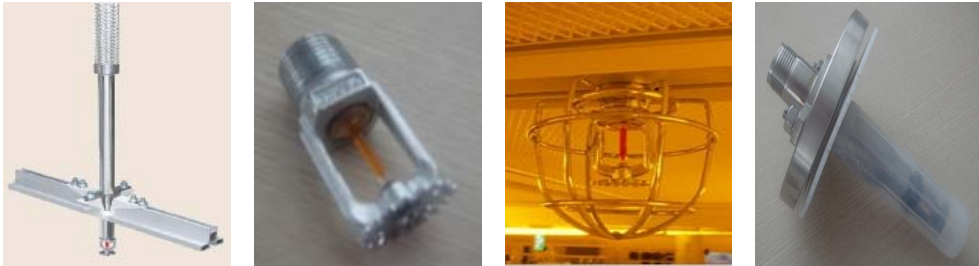


그림 2. 클린룸에서 사용되는 주요 스프링클러류

### 5. 결론

클린룸내 스프링클러 시스템의 신뢰도 확보를 위해서 배관 및 부속류는 스테인레스 강관(STS304)으로 사용하여 마찰손실, 배관 수명, 부식 등의 문제를 해결함과 동시에 배관 접합부의 품질확보를 위해 불활성가스 텅스텐 아크 용접(Inert Gas Tungsten Arc Welding; TIG)으로 배관 접합을 실시하여야 한다.

오동작이 발생하면 고가의 장비 손상과 생산가동 중단이라는 막대한 경제적 손실이 발생하기 때문에 Motor Operated Valve (M.O.V)설치하고 사용요령에 대한 훈련과 교육이 철저히 이루어 져야 한다.

일정 수준 이상의 품질관리가 이루어지는 전문배관가공 공장에서 이루어진 후 설치하여야 한다. 클린룸 전문배관가공 공장은 숙련된 전문가에 의해 단기간 내 균일한 품질 수준으로 많은 제작품 생산을 가능케 한다. 클린룸 스프링클러헤드는 RTI 50이하로 화재로 발생하는 열에 대한 민감도가 우수하게 제조된 것을 사용하여야 하며 작동온도는 57°C 것으로 사용하여 화재초기 낮은 온도에서도 민감도가 우수하게 작동하여 조기에 화재진압을 통한 소화를 가능케 하여야 한다.

#### 참고문헌

1. 송윤석, Clean Room 위험성 평가에 따른 안전성 확보에 관한 연구 (2004년)
2. 한국화재보험협회, 화재안전전검 매뉴얼 제7판 (2008년)
3. 심화섭, 반도체 공장의 클린룸에서의 제연방식에 따른 피난안전성능 연구(2009년)
4. NFPA, 자동식 스프링클러설비 핸드북 제9판 (2004년)