

제206호

2011. 06

위험관리정보

- 방재정보
 - ✓ 스프링클러 시스템의 노후화 과정 / 2
 - ✓ 소방기술의 분명한 변화의 필요성 / 12
- KFPA 화재안전우수건물 인정제도 / 17
- 신착자료 목록 / 22

- 안내
 - ✓ 판매도서 안내 / 27



WWW.KFPA.OR.KR

스프링클러 시스템의 노후화 과정

작가 : 엔지니어 석사 JOCHEN KRUMB

1. 서론

스프링클러 시스템은 수년간의 작동 과정에서 서로 다른 운영 상태뿐만 아니라 가동 상태 및 대기의 영향으로 인해 구성 요소의 손상이 불가피하게 된다. 구성 요소 메커니즘에 영향을 주는 손상은 정기적인 검사나 시간의 경과에 따라 시행되는 보수 작업 도중에 발견된다. 이는 배관 내부나 외부에서 볼 수 있는 범위에 있는 스프링클러의 손상도 해당된다. 이와 같은 손상은 예를 들어 알람 밸브, 펌프 또는 외부배관 등의 부식과 관련된다.

그러나 외부에 보이지 않는 시스템의 손상이 훨씬 더 심각한 문제인데, 이것은 배관의 손상 및 또는 스프링클러 기능 손상을 포함한다.

따라서 스프링클러 시스템의 VdS 가이드라인에서 "계획 및 설치"에 관한 VdS CEA 4001:2008-11 (03), 18.4.6 섹션을 보면 습식 시스템은 운영 후 25년이 지나 검사가 필요하고 건식 시스템은 운영 후 12.5년이 지나면 검사가 필요하다는 것을 알 수 있다. 무작위 표본에 대한 테스트를 바탕으로 배관 및 스프링클러를 조사한다.

모든 스프링클러 시스템을 현재 VdS 지침에 맞춰 평가할 수 없기 때문에, 이와 유사한 요구 사항이 이미 전신인 가이드라인 VdS 2092에 있다. VdS 2092의 A6.7 섹션에 모든 요구 사항을 테스트하기 위한 관련 내용이 포함되어 있다.

DIN EN의 부록 K 12845(2009-07)에 따르면 "고정 소방 시스템-자동 스프링클러 시스템-설계, 설치 및 유지 보수" 또한 운영 25년 후의 검사를 언급한다.



그림 1: 비디오 내시경을 통해 본 모습. 매우 큰 부식 폐쇄가 있는 파이프 벽이며 폐쇄의 크기는 C.25mm에서30mm이고 구멍의 크기보다 더 클 가능성이 높다.

따라서 아래의 내용은 노후화 과정의 결과로 생긴 손상을 탐지하기 위해 작동 25년 또는 12.5년 이후의 검사 과정을 설명한다.

2. 12.5년과 25년 작동 이후의 검사

작동 12.5년 또는 25년 이후의 검사는 무작위로 샘플을 채취하여 수행한다. 시스템의 유형과 크기에 따라 특정한 개수의 배관과 스프링클러가 면밀히 검토된다. 무작위 표본의 검사 결과를 바탕으로 전체 스프링클러 시스템이 평가된다. 자세한 검사의 과정과 범위는 VdS 데이터시트 VdS 209에 설명되어 있다.

2.1. 표본의 선택

표본 선택 기준의 첫 번째는 습식과 건식 시스템간의 차이이다. 스프링클러 시스템의 습식 시스템은 최대 10개의 그룹이 검사 된다. 모든 것이 한 건물 안에 있는 그룹이나 건물 사용과 환경적인 조건이 비슷한 1개의 그룹이 검사로 제한된다. 이러한 제한된 검사는 건식 시스템에서는 적용되지 않는다.

표본 선택의 두 번째 기준은 검사될 그룹의 스프링클러 개수이다. 표1은 배관의 범위를 정의한다.

<표 1: 검사될 배관의 수>

배관 형태	육안 검사의 최소 수
분기 배관	100개 스프링클러 당 1관, 최소 3개의 배관
보조적이고 기본적인 분배 배관	세 직경에 대한 최소 1관

어떤 무작위 표본 추출을 위한 필수 조건은 대표적인 시료를 선택하는 것에 있다. 따라서 표본을 선택할 때 유압조건, 외부의 영향, 전반적인 운영조건, 과거 검사 경험을 고려해야 한다.

2.2 검사 과정

스프링클러 시스템의 정기 점검의 맥락에서 기술 검사 부분은 먼저 검사될 구성요소(그룹)를 결정한다. 그 후, 실험실 검사를 위해 스프링클러가 분해되는 동안 배관을 검사한다. 기존의 스프링클러 시스템의 검사과정은 승인된 인스톨러와 "VdS Schadenverhütung"의 기술적인 서비스(Technical Services) 사이에서 조정되어야 한다.

2.2.1 배관검사

배관 검사는 육안 검사와 부식 테스트로 나뉜다. 육안 검사는 배관 각 부분의 침전물과 외피를 검사한다. 부식 테스트는 일반적인 배관의 외형과 잔여 벽 두께를 검사한다. 이 육안검사와 부식 테스트 모두 실험실 검사를 위해 분해된 배관에서 실행되거나 설치된 배관에서 이루어 질 수 있다. 배관 섹션 선택은 기술적인 서비스(Technical Services)에 의해 이루어져야 한다. 실험실 검사는 승인된 인스톨러나 'VdS Schadenverhütung'의 실험실에서 시행 될 수 있다. 설치된 시스템의 검사는 'VdS Schadenverhütung'의 기술적 서비스(Technical Services) 사이트에서 시행된다. 실험실 테스트는 예외적인 경우에도 의미를 가지는 가장 일반적인 방법이다.

육안 검사

설치된 시스템의 검사는 배관의 각 부분에 내시경을 이용해 침전물과 부식 피해 점검이 이루어진다. 이러한 목적 때문에 내시경이 스프링클러의 T 섹션, 수세식 연결부위, 분해된 배관을 통해 삽입된다.

내시경 검사의 대안으로써 실험실에서 약 50cm 길이의 배관 섹션을 꺼내 검사할 수 있다. 꺼내진 배관 섹션은 이등분 된다. 실험실 검사는 배관 섹션의 침전물과 부식 피해에 대한 정보를 제공한다. 그러나 이 방법은 시스템의 전반적인 평가를 위해 사이트의 검사가 승인하는 일반적인 경우를 제외하고 사용된다.

이 두 방법은 모두 수용될 수 있는 크기의 침전물을 탐지하기 위한 경우에 가이드라인(the Guidelines)이 정의 하는 것 이상의 다른 추가적인 방법이 필요하지 않다. 최소 10 bar 가 세정, 제거되는 유압 및 또는 소화 시스템의 효율성에 영향을 미치는 크기의 침전물이 있는 경우에는 추가적인 조치가 필요하다. 침전물의 크기와 형태에 따라 분기 배관 또는 유압 테스트까지 하는 철저한 수세식의 예가 포함 될 수 있다. 작동 중 완전히 열린 위치에서 계획유량을 측정 유압 테스트의 틀 안에서 시스템 수량에 영향을 주는 침전물 효과가 결정된다. 배관 내시경 검사는 'VdS Schadenverhütung'의 기술적 서비스(Technical Services)에 의해 시행된다.

부식 테스트

설치된 시스템을 검사하는 동안 잔여 벽의 두께는 부식 손상이 감지되는 부위에 초음파 검사를 통해 결정된다. 초음파 검사가 배관 섹션의 환경에 확실한 결론을 가져오지 못할 경우 이 섹션을 분해하여 실험실에서 검사해야 한다.

우선, 실험실 검사는 분해된 부분의 배관의 실제적인 환경을 수립해야 한다. 다음으로, 솔질이나 모래분사로 처리하고 기구사용으로 잔여 벽 두께가 결정된다. 잔여 벽 두께를 평가하기 위한 한계는 적합 필요 이하로 설정된다. 한계는 'DIN 2413 Part 1' 에 기초하며 아래 공식을 사용하여 계산 할 수 있다.

$$S = C_1 + S_v \times 0,7$$

$$S_v = \frac{d_a \times p \times 1,7}{2 \times K \times v_n}$$

- v: 정격 벽 두께(mm)
- S: 요구되는 벽 두께(mm)
- C1: 부식, 마모, 찢어짐의 비(mm)
- p: 정격 압력(N/mm²)
- do: 외부 직경
- K: 강도 계수(N/mm²)
- Vn: 수축 계수

최악의 시나리오는 이 한계보다 벽의 두께가 얇은 경우에 각각의 배관이나 전체 배관은 교체되어야 하며 이 실험은 배관 섹션의 실험실 테스트는 전문화된 인스톨러나 'VdS Schadenverhutung'의 실험실에서 이루어질 수 있다.

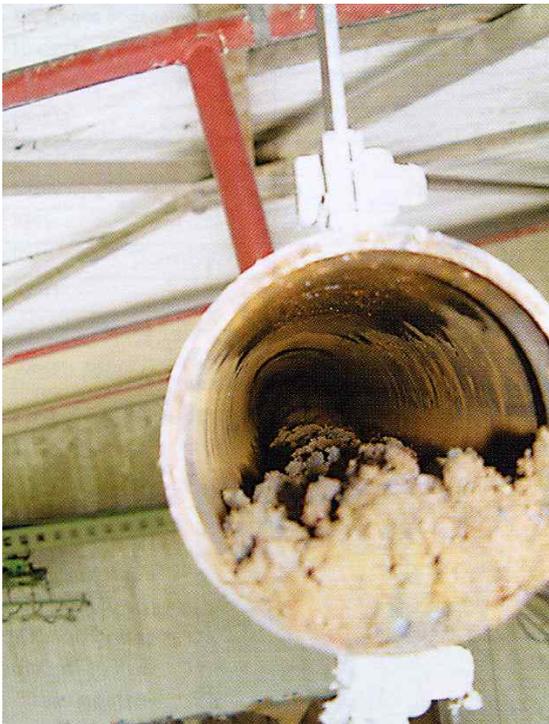


그림 2: 고정된 침전물이 배관 직경의 3분의 1이상이 막혀있다.

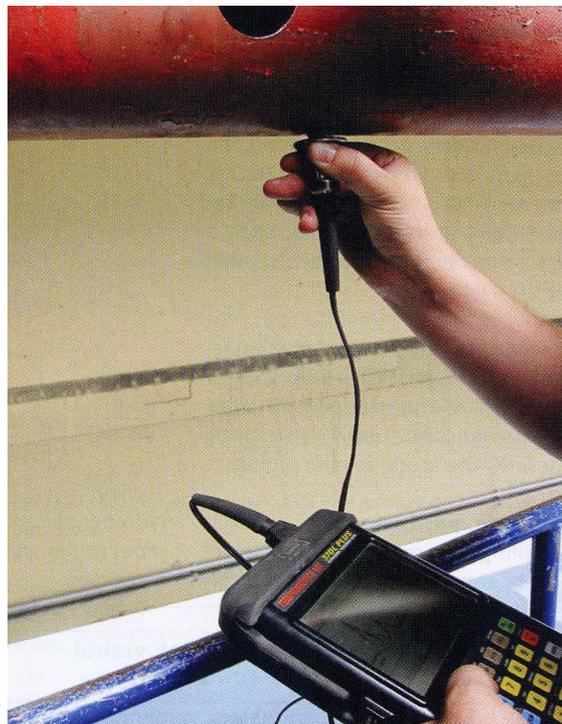


그림 3: 배관 본체의 벽 두께에 대한 초음파 검사

2.2.2. 스프링클러의 검사

표본의 수는 검사될 시스템의 크기나 형태, 다른 형태의 스프링클러 수에 따른다. 시스템의 스프링클러 수에 따라 샘플링의 범위가 아래의 표2에 따라 결정된다.

<표2 : 스프링클러 검사 표본의 수>

한 시스템에서 스프링클러의 수	표본의 수
5000이하	20
10000이하	40
20000이하	60
30000이하	80
40000이하	100
40000초과	위험에 따라 수가 'VdS Schadenverhütung'에 의해 결정됨

<표 3: SDS 샘플 수>

설치된 PDS 총 수	표본의 수
100이하	5
200이하	10
200초과	표2에 따름

습식과 건식 위치의 구성요소 체계에 따라 섹션 당 일반적으로 20개의 스프링클러를 검사하며 건물을 가로질러 확장된 각각의 시스템은 한 건물 당 1개의 표본이 검사 되어 한다. 천장에 매달린 건식 스프링클러(PDS)가 설치되었을 경우, 표본은 VdS 실험실에 의해 12.5년 마다 재검사 되어 한다. 표본의 수는 PDS의 총 수와 표 3에 따라 결정된다.

육안 검사

어떤 검사 결과 명백한 결함이 드러난 스프링클러는 육안 검사로 구별해 낸다. 이 예에는 오염된 페인트, 먼지, 손상되고 빈 유리전구 등으로 인해 변형된 변류기를 포함한다. 통계적 목적으로 사용될 유용한 정보를 얻기 위해서는 검사에 최소 20개의 스프링클러가 필요하며 육안 검사의 결과는 문서화 된다.

테스트

기능적인 검사 테스트는 0.35 bar에 적용되는 스프링클러 16개에 시행되며 활성화 이후 1분 동안 완전하게 유수를 방출하지 못한 스프링클러의 압력은 점차 증가 된다. 이때 최대 허용 감소는 10%이다.

만약 유수를 방출하지 못한다면 완전한 유수의 방출은 1 bar에서 달성되어야 한다. 그리고 스프링클러의 기능이 상실될 가능성이 있는지 여부를 확인하기 위하여 압력을 3.5 bar로 설정한다. 만약 3.5 bar에서 유수가 방출 되지 않는 경우 스프링클러는 고장으로 분류한다.

그러나 표본은 그 반응 온도에 대해 검사하는 기능 테스트로 평가하지 않는다. 이 테스트에

서 스프링클러는 부품 테스트 지침이 허용하는 최대온도 범위 내에서 응답하며 이를 요약하면 실험실 검사를 통해 다음과 같은 두 유형의 결함을 분류할 수 있다.

- 결함 1 : 스프링클러 기능의 고장
 - 1 bar 반응 없음
 - 막힌 로킹 요소
 - 30% 이상 감소된 방출계수(K factor)
 - 변류기가 떨어져 나옴
 - 외부 허용오차 20°C 보다 더 큰 반응온도

- 결함 2 : 제한된 스프링클러 기능
 - 막힌 분사기
 - 10~30% 감소한 방출계수(K factor)
 - 외부 허용오차 20°C까지의 반응 온도



그림 4: 하나의 시스템에서 스프링클러 20개의 대표적인 묶음(batch) 플러그의 무거운 외피가 분명하게 보임.

3. 이전 검사로 부터의 결과물

다음 섹션은 이전의 검사결과를 세부적으로 더 정교하게 할 것이다. 이는 VdS 실험실의 스프링클러 검사와 기술적 서비스(Technical Services)의 배관 검사를 구분 지을 것이며 과거 10년 또는 수많은 기간 이상 이루어진 많은 검사를 통해 얻어진 이 결과물은 스프링클러 시스템의 높은 기준을 유지하는데 대단히 유용할 뿐 아니라 이를 보다 더 향상 시킬 것이다.

3.1. 배관 검사의 결과

검사 결과 나타난 데이터처럼 습식 및 건식 시스템의 배관 검사는 다른 결과를 생성할 수 있다. 그림 5는 'VdS Schadenverhütung'가 실시한 습식 및 건식 배관 검사의 통계적 그래프이며 그래프에 제시된 모든 검사는 설치된 시스템에서 이루어졌다.

표 4는 검사 도중 발견된 결함을 분류하기 위해 세 개의 집합으로 분류하였으며 이 세 집합은 각각 더 적거나 보다 많은 결함의 특정 수준을 나타냈다. 결함을 제거하기 위해 다양한 도구가 제안됐다.(표4 참조)

그림 5는 습식 및 건식 소방 시스템의 배관 검사 결과를 보여주며 표4의 분류를 따른다.

<표4: 결함의 분류>

분류	단면 상태	평가
결함 없음(I)	수용 가능한 범위의 부식 및 침전물	지시에 따른 배관에 수세식 및 유압 테스트
중간정도의 결함(II)	부식 경계	5년 이후의 반복되는 검사 또는 확장된 검사
	각 배관 및 본관에 증가되고 있는 부식	개개의 배관 교체
상당한정도의 결함(III)	침전물 경계	분기 배관에 유압 및 수세식 검사
	상당한 양의 부식 및 침전물	전체 배관 시스템 및 각 부분의 교체

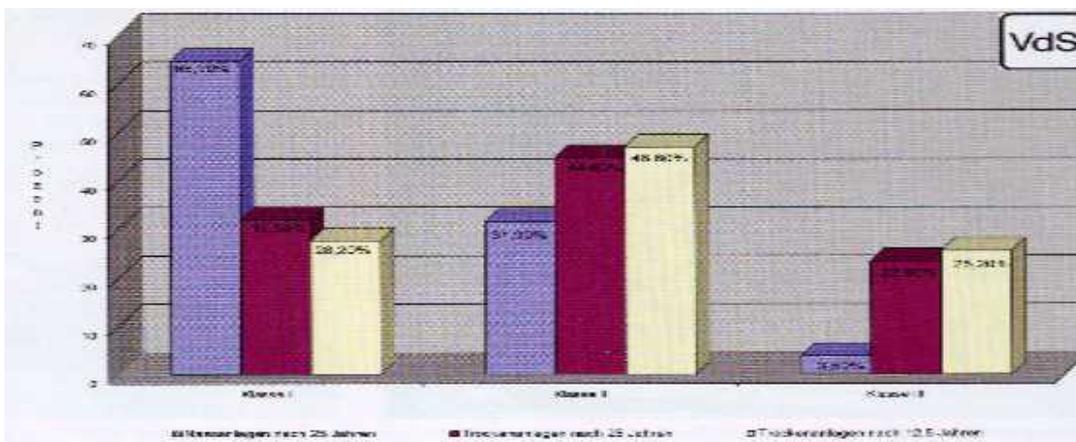


그림 5: 1998~2009 건식 및 습식 시스템의 평가

건식 시스템에 있어 공기의 영향과 잔여 수분의 존재 및 또는 응축된 수분은 심각한 부식 피해의 원인이다. 건식 시스템의 또 다른 심각한 문제는 주요 기관 및 분배 기관, 또는 분기 배관 자체에 자주 일어나는 경사도의 변화이다. VdS CEA 4001에 따르면 시스템에 완벽한 배수를 보장하기 위해 분기 배관에는 최소 0.4%의 경사도가 필요하고 주요 배관에는 0.2%의 경사도가 필요하다.

이러한 피해는 평가가 보여주는 결과에 따르면 습식 시스템에서는 거의 관찰 되지 않으며 이는 오직 낮은 잔여 산소량을 갖는 습식 시스템에 수분이 영구적으로 존재하는 사실에 기인한다.

3.2. 스프링클러 검사 결과

결함의 빈도 분석은 모든 결함의 95%가 네 가지 형태로 나누어 질 수 있다는 것을 보여 준다.

1. 10~30% 감소된 방출 계수
2. 퇴적물에 의한 분사 방해
3. 30% 이상 감소된 방출 계수
4. 응답 없음

거의 모든 결함이 있는 스프링클러의 절반 정도가 10~30%의 방출계수 감소를 나타내며 이는 주로 스프링클러 노즐의 침전물로 인한 것이다. 그러나 스프링클러의 일부 표본은 보이는 물질적 침전물 없이도 방출계수의 감소를 나타냈다. 감소의 원인은 30년 전에 현재 기준을 준수하지 않은 제조 허용오차에서 찾을 수 있다.

결함 3과 4는 분류 1의 결함, 즉 결함의 양중 총 개수 20% 이상에 해당하는 “고장”의 비율이다. 1965년에 설치된 시스템의 75% 스프링클러가 현재 기준을 준수하지 않았다. 높은 결함율은 개별 스프링클러 특정한 설계에 따라 어느 정도 영향이 있다. 오늘날의 설계에 따라 특대의 변류기가 있는 스프링클러는 또한 소위 ‘침전물(lodgements)’의 더 큰 위험을 가지고 있다. 게다가, 90년 이상 사용된 스프링클러의 일부는 스프링클러 노즐 내부의 침전물 및 외부 오염의 정도가 상당히 나타났다. 낡은 스프링클러의 노즐 내부에 들러붙은 침전물의 또 다른 원인은 구시대에 사용된 실란트(시간의 흐름에 따라 변화되는 스프링클러 노즐 조직을 밀폐하기 위해 사용되는 왁스와 같은 점성 물질)때문이다.

1970년대부터 결함 할당량이 감소한 이유는 제조자가 소개한 향상된 설계 기준 때문이다. 현재의 관련 VdS 가이드라인에 따르면 모든 낡은 스프링클러는 아무리 늦어도 50년 후에는 새 승인된 스프링클러 형태로 교체되어야 한다.

4. 외부 영향으로 인한 손상

외부 영향으로 인한 스프링클러 시스템 요소에 손상은 25년 또는 12.5년 간격의 검사가 만료되기 전에 종종 나타난다. 이러한 영향에는 열 화학적이고 기계적인 충격이 포함되어 있다. 특히 부식성 가스나 증기는 아주 짧은 시간으로도 스프링클러나 배관에 상당한 손상을 준다. 배관의 부식 피해는 기포 및 또는 더 진행된 상태의 누수 때문에 확실해 진다.

스프링클러 시스템 기능은 물이 맺힌 가용성 링크와 같은 부식 과정에 의해 시스템 반응이 방해 된다면 특히 위태롭다. 스프링클러 시스템의 수명은 일반적으로 기계적인 영향으로 인한 손상에 관계가 없다.

5. 결론

12.5년 또는 25년 후에 이루어지는 스프링클러 검사는 다음과 같은 결론에 도달한다. 일반적으로 건식 시스템의 배관 체계는 습식 시스템의 배관 체계 보다 더 좋은 형태이며 이전 장의 검사 결과 드러난 건식 시스템은 결함이 거의 발견 되지 않는다. 절반 이상의 검사 그룹에서 어떠한 부정적 반응도 나타나지 않았다. 물속의 산소가 부식에 의해 소모되면 평형 상태가 되고 부식이 더 이상 진행되지 않는 것처럼 이 평형 상태는 '산소공급'과 '지속적인 수분의 변화' 의해 영향을 받을 수 있다. 일반적으로 습식 시스템에 미치는 영향은 매우 사소한데 이는 단지 몇 가지 경우에 발생하는 부식 문제이다. 이는 주로 스프링클러 설비실 분배 배관 또는 알람 밸브의 주요 하류 부위에서 발견 될 수 있다. 복층 구조의 건물의 경우 물때가 꼭대기 층에서 증가되는 것을 발견할 수 있다. 이는 그룹을 채우는 동안 갇혀진 공기에 의한 것일 수 있다. 그러므로 습식 시스템의 효율성에 미치는 부정적 영향은 소수의 경우에만 나타날 것이다. 통계적 개요가 보여준 것처럼 배관 손상은 건조 시스템의 경우에 더 자주 발생되고 시스템 고장을 일으킬 수 있다. 고체화된 침적물(부식 피해로 인한)은 배관의 직경을 줄이고 이는 배관을 통해 흐르는 물의 흐름을 감소시킨다. 또한 시스템이 반응할 때 이 침전물의 대 부분은 쏟아져 나와 스프링클러에 붙어 흐름을 막게 된다. 더욱이 부식으로 인한 손상은 누수를 유발하고 심각한 경우 각각의 배관에 고장을 일으킨다. 종종 혼탁한 침전물이 건조 시스템의 배관에서 발견 되는데 이는 시스템 고장을 일으킬 가능성이 더 크다. 그러나 다른 더 큰 손상을 피하기 위해 이를 빈틈없는 세정으로 제거해야 한다.

건조 시스템이 위와 같은 손상이 생기는 이유를 나열해 보자면

- 배관의 부적당한 경사도
- 배관 물이 빠지지 않거나 또는 부적당한 배수 시설
- 낮은 질의 배관
- 낮은 질의 물

VdS 실험실에서 실시된 스프링클러 검사의 상당수가 다른 시스템의 스프링클러가 더 이상 기능적인 것이 아니라는 것을 보여주었다. 방출계수 감소, 침전물 또는 반응 결손은 소화 시스템의 기능을 보장해주지 않는다.



그림 6: 수년 동안 발생한 왁스 같은 접착 물질

출처 : *Ageing processes in sprinkler systems*

번역 : 대전충청지부 이준혁