

차단된 자동 습식 타입 스프링클러가 화재에 어떤 영향을 미칠 것인가?

RICHARD FRIEDRICH, MS, ME, PE

DONALD J. NICHOLAS, IAAI-CFI, NAFI-CFEI, CVFI

ROGELIO RAMIREZ, CFEI

MICHAEL EFFLAND, BSME, EIT

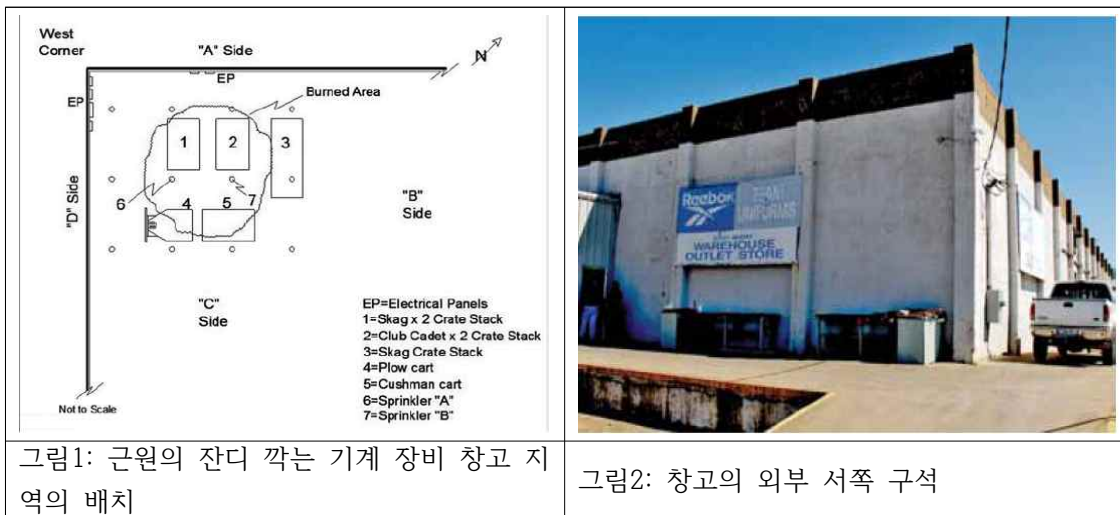


그림1: 근원의 잔디 깎는 기계 장비 창고 지역의 배치



그림2: 창고의 외부 서쪽 구석

1. 시나리오

미국 남서부에 있는 50,000평방피트 (4645.15 m²) 잔디 깎이 기계 장비 창고 (그림 1)에서 불이 났을 때, 자동 습식 타입 스프링클러 설비는 작동되지 않았다. 장비 창고가 이사 온 이후로 스프링클러 설비는 한번도 동작된 적이 없었다. 상수도(수원)이 Main control valve에서 차단이 되었는데도 불구하고, 이전 입주자는 이러한 사실을 알고도 스프링클러 시스템의 물을 배수하지 않았다. 그러나, 최초의 소방관이 현장에 도착했을 때, 그들은 화재주변 상부 2개의 스프링클러 헤드에서 물이 똑똑 떨어지는 것을 발견했다. 그리고 소방관들이 화재진압을 시작하기 전에 창고 바닥위에 물이 있다는 것을 알았다.

이 기사는 몇 가지 실험에 대한 결과로서, 실험은 활성화 되지 않은 습식스프링클러 설비에 대한 다음 아래 질문에 해답을 얻고자 실시되었다.

- 스프링클러 헤드는 몇 도에 도달하면 작동되는가?
- 스프링클러 헤드 작동 시 스프링클러 시스템은 물을 공급 하는지?
- 전달되는 물의 압력은 얼마인가?
- 얼마나 많은 물이 전달되는가?
- 화재시 스프링클러는 화재에 어떠한 영향을 미치는가?

본질적으로, 이 실험에서의 가설은 "활성화 되지 않은 스프링클러 시스템은 화재에 영향을 미칠 것이다." 이다.

이 기사에서는 스프링 클러의 종류 (온도 등급, 온도 분류), 스프링클러 위치 등에 관한 사항은 다루지지 않을 것이다.

그림 1부터 10은 창고 및 현장 사진의 레이아웃을 보여준다.



그림3: 근원의 지역.(B측에서 D측으로 전망)



그림4: B측에서 근원의 더 가까운 전망. (D 측으로 전망)



그림5: C 측에서 전망(B측으로 전망)



그림6: C 측에서 전망. (A 측으로 전망)



그림7: A에서 전망.



그림8: 근원 지역의 위 천장. (B측에서 D 측으로 전망)

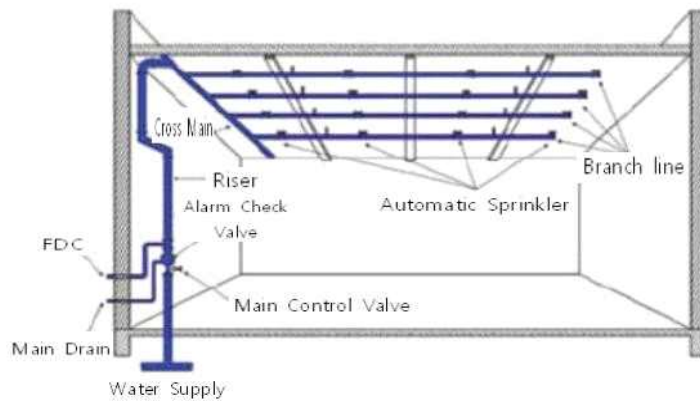


그림9: 겹쳐 쌓인 잔디 깎는 사람 장비



그림10: 대청소 후에 근원의 지역. (C 측에서 전망)

2. 자동 스프링클러 시스템의 소개



<그림11: 전형적인 습식 스프링클러 시스템>

스프링클러 시스템은 미국의 산업혁명을 거슬러 100년 이상 사용되었다. 스프링클러는 화재 시 첫 번째 방어 라인이다. 화재 초기 단계에서 화재를 제어할 수 있도록 설계 되었다. 스프링클러설비의 목적은 소방관이 도착할 때까지 화재가 플래시오버 단계로 진화를 되는 것을 막는 것이다. 스프링클러가 설치된 건물 화재의 96%는 자동 스프링클러 시스템으로 화재가 진압 및 제어 되었다. 스프링클러 시스템은 충분한 물 공급과 압력에 의존된다.

물을 기반으로 한 화재 방지 시스템은 여러 종류가 있지만, 가장 신뢰성이 높은 습식 스프링클러 설비에 대한 논의하고자 한다. 습식스프링클러설비는 다양한 사이즈의 배관으로 구성되어 있다. 습식스프링클러 시스템은 배관 내에 물이 포함된 자동 스프링클러 설비이며, 화재시 열에 의해 스프링클러 헤드가 즉시 물이 개방될 수 있도록 하기 위해, 물 공급장치와 연결되어 있다. 자동스프링클러 설비는 화재 감지부 부분이 일정한 온도 이상으로 열을 받았을 때 자동적으로 동작하여 지정된 지역에 물을 방출함으로써, 화재를 진압 및 제어 하는 장치이다. 자동 습식 스프링클러 시스템은 도시 상수관 또는 건물 내 수원으로 물을 공급 받는다. Main control valve는 수원에서 스프링클러 시스템으로 물을 공급하는 역할을 한다. Check valve(체크밸브)는 물이 역류하여 수원으로 이동하는 것을 예방한다. 메인 공급 배관은 FDC를 가지고 있다. 이 연결배관은 소방서에서 스프링클러 시스템으로 연결된다.

주요 배관내에는 Riser 라 불리는 수직 배관이 있다. 수직배관은 System control 밸브와 시험, 알람 확인, 유지관리 등의 설비를 포함하고 있다. Riser는 시스템 유지관리를 위해 물을 배수 시키는 메인 배수배관을 가지고 있다. Riser는 교차 배관에 물을 공급하며, 교차배관은 몇 개의 가지배관으로 물을 공급한다. 가지라인은 스프링클러 헤드를 포함하고 있다.

3. 테스트 및 화재 모델링

모든 실험은 과학적 방법을 사용 NFPA 921에 따라 수행되었다. 우리의 업무는 시스템을 통해 평상시 및 정상 작동 시 스프링클러 시스템내의 유량을 측정하는 것이었다. 그러나 물 공급이 차단된 상태에서 유량을 측정하는 것은 특이한 요청이었다. 물의 압력은 시스템에 내의 공기의 압력과 동일하다. 시스템 내의 공기는 압축할 수 있으며, 시스템 내에서 지속적으로 잔여 압력을 물로 감소시킬 수도 있다. 정확한 압축공기 및 물의 수량은 일반적으로 알 수 없다. 그러나 합계는 배관 내의 부피와 같다. 이러한 값들의 불확실성은 설치의 품질, 배관의 처짐, 다른 낮은 지점, 가지배관의 방향, 가지배관과 공급배관의 직경 차이 등에 기인된 것이다. 스프링클러설비는 화재가 난 창고에 설치된 것처럼 크고 복잡한 시스템에서 특히 유용하다.

우리가 한 첫 번째 시험은 압축 공기와 중력의 조합에서 온 잔여 압력에 근거하여 스프링클러 시스템을 통하여 배관 내 유량을 알아내는 것이었다. 유량을 측정하기 위해 우리는 사고 발생장소의 압력게이지와 스프링클러 헤드를 교체하였다. shut off 밸브는 스프링클러 헤드와 동일한 흐름 특성을 가지고 있다. 수원은 물이 가지배관으로 물이 흐를 수 있도록 하는 역할을 한다. 가지배관 내 물이 채워졌을 때, 테스트 동안에 상수도에서 시스템으로 물이 흐르지 않기 위하여 Main Control valve는 닫는다. 그림 12는 물의 측정을 보여준다.

우리는 실험에서 얻은 데이터를 가지고 두 개의 plot을 만들었다. 그림13은 압력과 흐름에 관한 표이며, 기록된 데이터 외에는 표시하지 않았다. 그림14는 시간에 대한 유속이며, 컴퓨터 모델로 사용하기 위하여 두 관계가 필요했다.

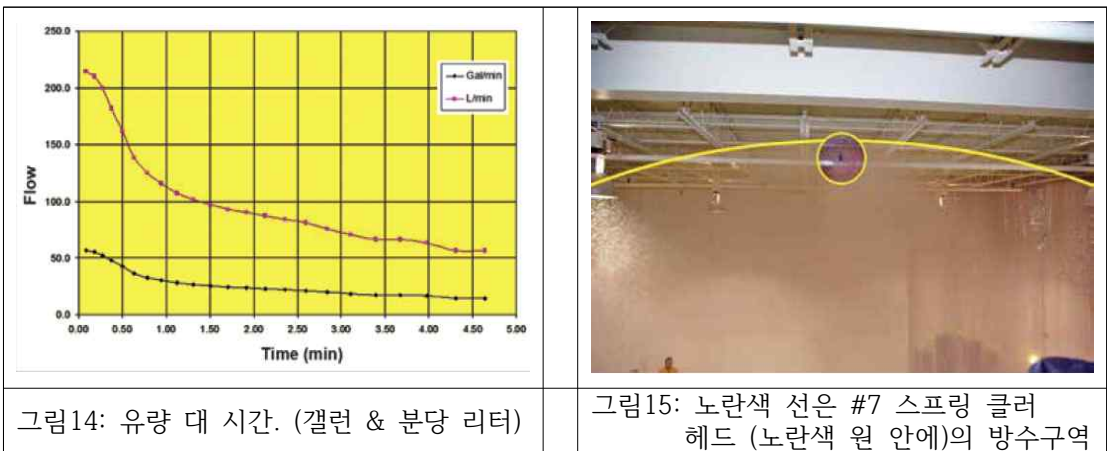
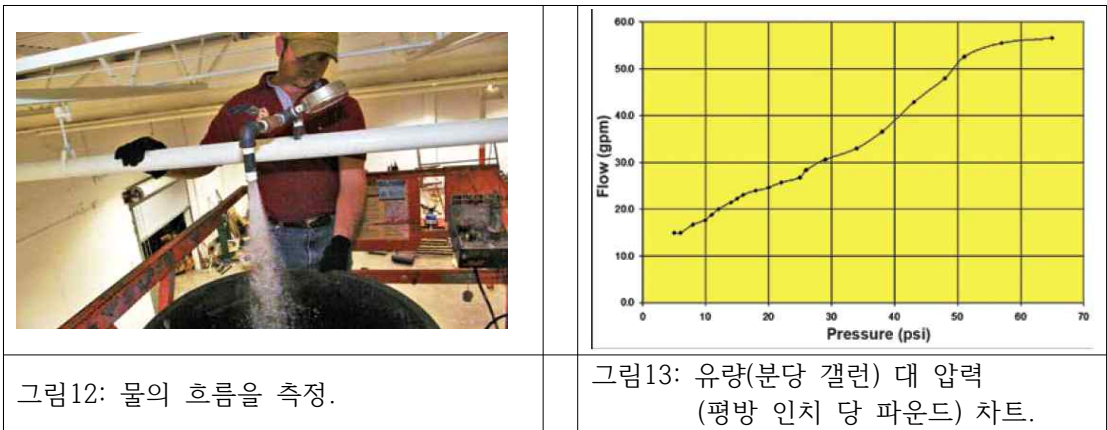




그림16: 바닥에 노란색 라인은 # 7 스프링클러 헤드 물분무 패턴을 나타냄.

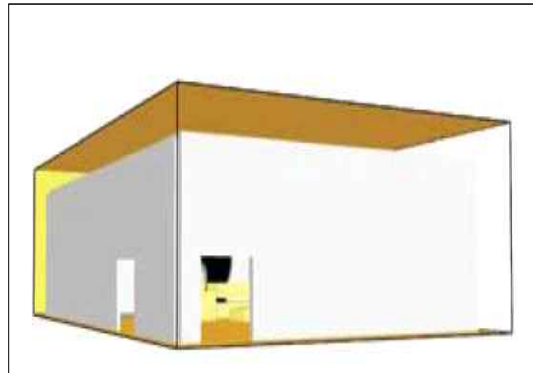


그림17: 내부 창고 구역의 부분. (화재 Dynam - ICS 시뮬레이터 [FDS] 모델)

우리가 수행한 두 번째 테스트는 시스템을 재구성하는 것이었고, 직접 아래 고온 열원을 배치하여 스프링클러 헤드 중 하나를 활성화 시키는 것이었다. 이것은 그림 15, 16이 나타내준다. 그림1은 스프링클러 헤드 # 7의 적절한 물 분무 패턴을 보여준다. bucket test 에서는 그대로 재현되지 않았다. 그러나, 사진에서 스프레이 패턴 모양의 사진을 볼 수 있으며, 스프링클러 시스템의 방수 범위 영역을 볼 수 있다. 사진의 파란색 표시는 화재 시 제품상자가 위치해 있던 곳이다.

사건과 다양한 실험가설을 이해하기 위해서, 이번 화재는 FDS 소프트웨어로 실험이 실시되었다. 스프링클러의 유량은 정확한 측정 시뮬레이션을 위한 중요한 변수이기에, 이 변수(스프링클러 유량)를 제거하기 위하여 시스템 유량 시험을 실시하였다. 그러나 시간에 따른 스프링클러 유량변화와 압력감소를 측정하는 것은 복잡한 일이었다. 그래서 스프레드 시트 계산 데이터로 FSD 시뮬레이션에 직접 입력하였다. 우리의 작업은 시스템 압력이 최소 작동 압력으로 떨어질 때까지, 스프링클러 헤드의 유량을 지속적으로 표시하는 것이다. 대략 4분일 때 압력은 떨어진다. 내부 창고 구역의 부분 (FDS 모델에서) 그림 17에과 같다. 문 개방을 통해 창고 뒤쪽 코너에 쌓인 제품을 볼 수 있다. 화재는 타오르기 시작해서 연기를 생산하기 시작하는 것을 볼 수 있다.

그림 19는 약 3분 경과 시 화재 시뮬레이션을 가깝게 보여 준다. 쉽게 연기가 문구멍에서 나오는 볼 수 있다. 지붕 환기구를 통해 배출된 연기는 지붕과 전산 도메인의 한계에 표시된다.

그림 20은 2번째 스프링클러가 작동한 후 1~2초 내의 거대한 창고 내에 온도 프로파일을 보여준다. 천장의 온도는 스프링클러 헤드를 동작 시킬만한 충분한 온도로 상승하였다. 사진 중심의 적색부분은 가장 높은 온도의 제품이 연소되는 부분을 보여 준다.

그림 21는 약 2분 30초 정도의 시뮬레이션을 보여준다. 화재의 크기와 온도는 크게 감소되었다. 그림 22는 다양한 연기와 물 입자를 시각적으로 보여준다. 연기와 물 입자는 현재의 위치와 자신의 이전의 위치 사이에 그려진 선에 있다. 이 옵션은 구획내의 분자이동 흐름을 보기 쉽게 해준다.

그림 23는 FDS 시뮬레이션으로 계산 결과의 일부입니다. 차트는 두 개의 스프링클러 헤드 주변의 천정 근처에서 시간에 대하여 온도 프로파일을 표시한다. 첫 번째 스프링클러는 시뮬레이션에 약 30 초 활성화하고, 두 번째 스프링클러 헤드 나중에 약 10 초 활성화된다.

스프링클러 헤드가 74°C (165°F)에서 시뮬레이션의 활성화되도록 설정되었다. 구획된 천정 온도의 변화는 누가 봐도 알 수 있듯이 굴절 또는 무릎처럼 그래프로 나타난다. 이러한 온도의 갑작스런 감소는 스프링클러가 작동 되었을 때 30초 이내에 급작스럽게 발생한다.

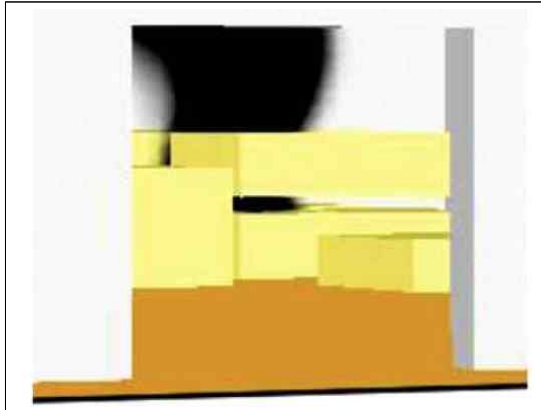


그림18: 바닥에 노란색 라인은 # 7 스프링클러 헤드 워터 스프레이 패턴.

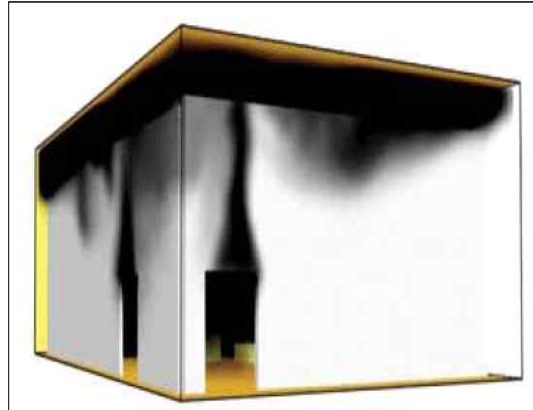


그림19: FDS 모델은 문 입구에서 연기

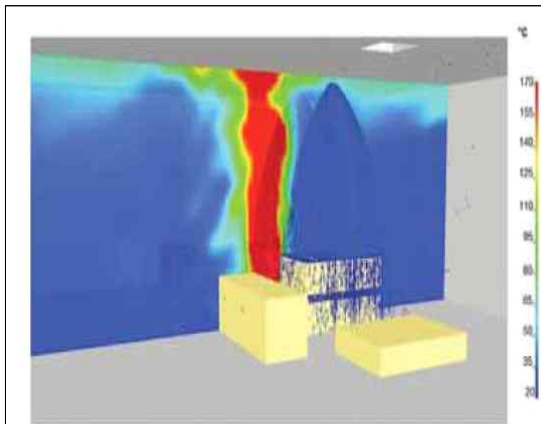


그림20: 스프링클러 활성화 된 후, 1-2 초 온도 프로파일 (° C) 사건 구획

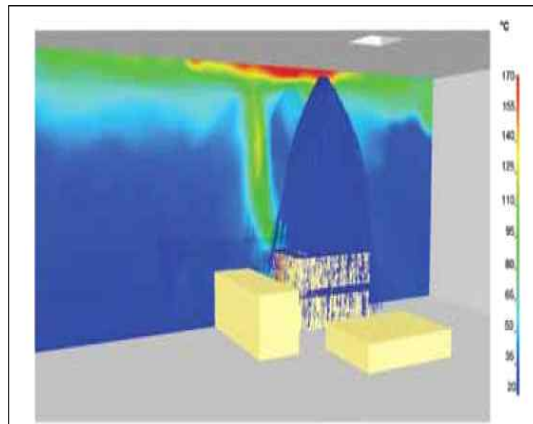


그림21: 약2분30초 시뮬레이션. 온도에 상대적인 화재의 규모는 크게 감소함

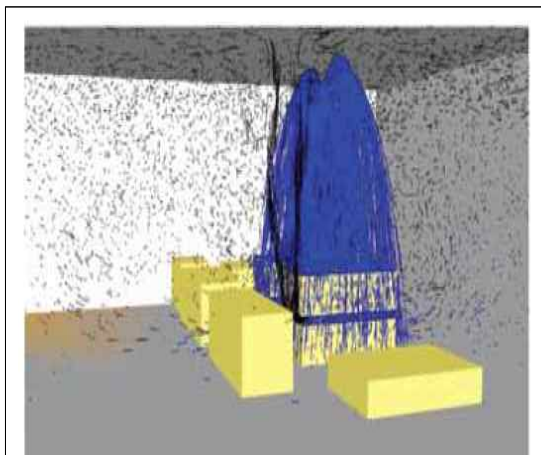


그림22: 연기 (블랙)와 물 (파란색) 입자 Smokeview 소프트웨어를 사용하여 볼 수 있다.

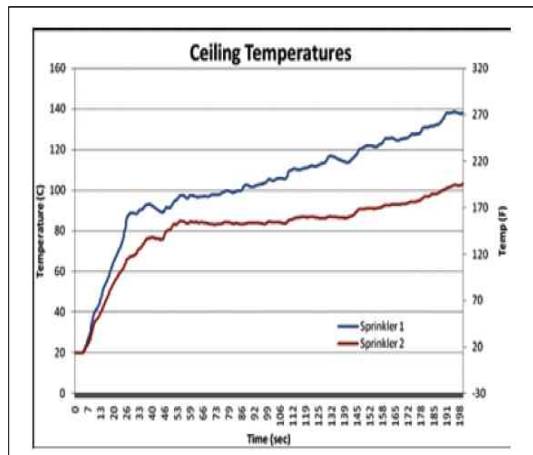


그림23: 약 30 초 먼저 스프링클러 활성화, 40 초 두 번째 스프링클러.

4. 결론

물 공급이 되지 않은 스프링클러 시스템이 화재성장에 중요한 요소가 되는지에 대한 상반되는 두 가지 입장에 대한 응답으로 이 실험은 실시되었다. 소방서 및 방화관리자가 언급한 보고서에 의하면, 소방관이 처음 도착하여 화재가 난 곳으로 도달할 때 쯤, 물은 스프링클러 시스템으로 이동된다. 방화관리자에 말에 의하면, 밸브핸들에 축적된 먼지가 있는 것으로 보아, 소방관에 의해 밸브가 off 상태로 되지 않았다.

지속적으로 물이 공급되지 않는 시스템에서도 스프링클러 시스템은 화재의 성장을 지연 또는 감소 시켜주는 결과를 나타냈다. FDS 모델은 실험 중에 수집된 정보의 결과를 기반으로 작성되었으며, 관련 정보는 지역 방화관리자로부터 받았으며, 기본 설계사양은 설계 소방 엔지니어로부터 조언을 받았다. 물이 방수된 이후에 스프링클러 헤드 6번 7번의 방수구역을 알 수 있었으며, 이론상 화재가 발생했던 구역과 비교 할 수 있었다. 스프링클러헤드의 방수구역은 충분히 화재발생구역을 커버한다. FDS 모델은 2개의 헤드로부터 방사된 방수구역이 충분히 영향을 미친다는 것을 보여준다. 더구나, 모델은 스프링클러 헤드가 작동한 후에 천장의 온도 상승 속도를 감소시켜주는 것을 보여주고, 스프링클러설비가 화재를 끄지 못하더라도, 화재의 성장에 중요한 영향을 주는 것을 알 수 있다.

이번 실험에서 활성화되지 않은 스프링클러 시스템에서 거대한 물이 흐를 수 있다는 것을 알 수 있었다. 이번 실험은 모든 정보는 물리적인 것과 개인적인 진술에서 수집되었다. 예를 들어 제어 밸브위에 쌓인 작은 부분처럼 세부적인 사항도 중요한 사항이라고 판명될 수도 있다. FDS와 같은 도구의 사용은 조사자나 엔지니어들이 가설을 형성하는데 도움이 될 만한 데이터를 분석할 수 있도록 도와 준다. 이러한 도구는 컴퓨터 프로그램처럼 정교하거나, 5갤런의 양동이 물을 측정하는 것만큼 간단할 수도 있습니다. 궁극적인 교훈은 의견은 최종결정의 중요한 요소가 될 수 있으며, 화재의 원인은 적절한 실험 없이 결정되어서는 안 되며, 의견을 지지하기 위하여 경험적인 정보의 수집이 필요하다는 것이다.

출처 : *WILL A SHUTOFF AUTOMATIC WET TYPE*

번역 : 대전충청지부 박효민