

건식 스프링클러 소프트웨어 프로그램



이 글은 NFPA Journal 2004년 3·4월호에
수록된 James Golinveaux, P. E.의 글로, 주요사항을 요약 수록한다.

유호정 · 협회 위험조사부 사원

1. 건식 스프링클러의 급수시간에 영향을 주는 많은 변수로부터 예측하기

건식 스프링클러 시스템에 대해 'NFPA 13(스프링클러설비 설치기준)은 750gallon(2,840ℓ) 이상의 용량을 가진 모든 시스템에 대해서 최대 60초의 급수시간을 요구한다.

컴퓨터 계산 방법에서 최근의 진보가 이루어질 때까지, 건식 스프링클러 시스템의 급수시간에 영향을 주는 많은 변수는 고려되지 못했다. 급수, 체적, 공압 등의 변화를 밝히는 것이 어려웠기 때문이다. 단지 시스템이 설치된 후에야 비로소 필요한 급수시간이 실제적으로 밝혀졌다.

다행스럽게도, 컴퓨터 프로그램으로 건식시스

템 성능을 계산하는 것이 가능하다. 그리고 NFPA 13의 2002년판은 설계자에게 이러한 계산을 기존의 실전 유효성 검사를 수행하는 것 대신에 승인검사(acceptance test)로 제출할 수 있도록 허용하였다.

건식 스프링클러 계산 프로그램의 유용성은 시스템의 급수시간에 영향을 미치는 네 개의 기본적 변수(공압 및 수압, 시스템 용량 및 배관 구조, 테스트 오리피스의 크기, 건식밸브의 작동비율)의 복잡한 상호작용을 볼 때 확실해지고 있다.

공압과 수압은 시스템의 공압, 물의 정압, 물의 잔압 및 유동을 포함한다. 시스템 공압이란 물이 시스템에 들어가는 것을 막기 위해서 건식밸

브가 닫혀있게 하는 건식배관에서의 압력이다. 이 압력은 물의 정압과 건식 밸브 설계에 의해 결정된다.

건식밸브의 시스템 쪽 부분 배관의 총 체적이 시스템의 용량이다.

배관 구조는 트리, 루프, 격자형 등을 포함한다. 트리구조는 가장 빠른 급수시간을 가지며, 시스템의 남은 부분에서의 공기는 말단 배관 쪽으로 압축될 수 있다. 루프(loop)구조는 물이 시험 연결부로 다다르기 위해서 몰아내야 하는 공기의 양을 증가시킨다. 마지막으로, 격자형(grid)이 있는데, 이것은 건식설비에 더이상 채택되지 않는다. 그 이유는 물이 시험 연결부에 다다르기까지 모든 시스템의 가지 배관과 교차 배관의 공기를 몰아내야 하므로 급수시간이 매우 길게 걸리기 때문이다.

세 번째 변수는 테스트 오리피스의 크기인데, 이것은 공기가 시스템 배관으로부터 배출되는 속도를 조절한다. 공기의 배출속도와 배출량은 건식밸브가 작동된 후에 급수시간을 조절한다.

마지막 변수로 건식밸브 작동비율이 있다. 이것은 밸브가 개방되었을 때의 수압 대 공압의 비율이다. 건식밸브 클레퍼의 공기 쪽 표면적은 물을 포함하는 쪽의 표면적보다 훨씬 크다. 따라서 상대적으로 낮은 공압이 높은 수압을 지지할 수 있게 된다. 이것은 건식 시스템에서 테스트 연결부에 다다르기 위해 배출해야 하는 공기의 체적을 감소시킨다.

또 다른 건식밸브 설계는 저압래치(low-

pressure latch)형이다. 이것은 밸브가 제대로 작동하기 위해서 동작하는 가동장치와 급속 개방 장치에 좌우된다.

2. 시스템 작동과 성능

건식 시스템의 성능을 이해하기 위해서 발생하는 사건의 전후관계, 밸브 작동시간의 영향, 물의 전이시간, 압축을 살펴야 한다.

건식 밸브가 작동하기 위해서, 공기 압력이 수압이 밸브를 개방시킬 수 있는 압력까지 떨어져야 한다. 이때 걸리는 시간은 공기가 시스템에서 빠져나가는 속도와, 배출압력에 도달하기 위해서 방출되어야 하는 공기의 양에 의해서 결정된다. 이것은 공압, 테스트 오리피스의 구경, 건식 밸브의 작동압, 가속기에 의해서 제어된다.

시스템에서의 더 높은 공압은 초기에 시험밸브에서 공기가 더 빨리 배출되도록 한다. 물론, 테스트 오리피스는 가장 작은 스프링클러 오리피스 정도의 크기여야 한다.

건식밸브 작동압력의 경우, 서로 다른 모델은 다른 수압 대 공압 비율에서 작동한다. 전형적인 비율은 7 : 1 ~ 5 : 1 이다. 작동 압력을 5.5 : 1, 또 그 시스템이 75pounds/in²(psi, 5.2bar)의 정적 급수원을 갖는다고 가정해보면, 건식 밸브는 13.6psi(0.9bar)에서 작동한다.

압력강하비율에 반응하는 가속기는 일반적으로 밸브를 작동시키는데 필요한 시간을 줄이는데 사용된다.

가속기는 압력변화에 아주 민감한데, 시스템 체적의 영향을 크게 감소시킨다. 작동 시간은 시스템의 체적과 구조 그리고 테스트 오리피스스의 구경에 의해 결정된다.

가속기가 건식밸브의 작동시간을 크게 줄일 수 있지만, 밸브가 개방되었을 때 시스템에서 더 높은 공압의 효과는 물의 전이시간을 증가시킨다. 이것은 건식밸브가 배관에서 공기를 몰아내기 위해서 작동한 후에 테스트 오리피스로부터 물이 흘러나오기 시작하는데 걸리는 시간이다. 물의 이동시간은 가장 예상하기 어려운 건식 시스템의 성능단계이다. 왜냐하면 테스트 오리피스의 구경, 급수원, 밸브 작동시의 시스템의 공압, 시스템 배관의 배치와 체적을 포함하여서, 여러 가지 요소에 의해서 영향을 받기 때문이다.

테스트 오리피스의 구경은 공기가 시스템에서 빠져나가는 속도를 결정한다. 물의 흐름이 증가하면 가용 압력이 감소한다. 어떤 주어진 흐름에서 압력이 높아지고 유동이 커지면, 물이 공기를 밀어내고 점점 시험밸브에 도착하는 것이 더 빨라진다. 공압은 약한 급수원에 저항하게 되고, 흐름을 느리게 만들어 이동시간을 늦춘다.

공압은 또한 급수 충족속도를 방해하는데, 이것은 이동시간 동안에 시스템이 물로 채워지는 속도이다. 또한 공압은 점검자의 시험밸브까지 가는데 거쳐야 하는 거리를 방해한다.

예를 들면, 30개의 가지배관과 30개의 스프링클러가 있는 2,225gallon(8,426ℓ)의 시스템과

20개의 가지배관과 20개의 스프링클러가 있는 1,128gallon(4,272ℓ)의 시스템, 10개의 가지배관과 10개의 스프링클러가 있는 410gallon(1,555ℓ)의 시스템을 비교해보자.

만일 배관 구경이 동일하다면, 다른 변수, 예를 들어 갇힌 공기나 거리 등을 변화시키지 않고는 시스템 체적을 변화시킬 수는 없다. 체적을 변화시키기 위해서 동일 구경 파이프를 유지하고 시스템을 짧게 하는 것은 거리요소(distance factor)를 증가시킨다.

배관구조는 또한 물의 이동시간에 큰 역할을 한다. 예를 들어서, 20개의 가지배관이 있고 그 가지마다 20개의 스프링클러가 있는 1,128gallon(4,272ℓ)의 중앙 급수식 시스템을 고려해본다. 그 가지배관 중 19개와 마지막 배관까지의 반을 막으면, 결과적으로 421gallon(1,594ℓ) 시스템은 원래의 1,128gallon(4,272ℓ)의 시스템보다 물을 운반하는데 8초가 더 걸릴 것이다.

왜냐하면 물이 도착하기 전에 시스템의 갇힌 모든 공기가 배출되어야 하기 때문이다. 그리고 더 작은 시스템에서는, 공기를 압축할 아무 여유 공간도 없고 개방 스프링클러 이외에는 공기를 밀어낼 곳이 없다. 단일 개방 스프링클러는 6인치(150mm) 구경의 입상관이 시스템을 채워주는 만큼 빨리 공기를 몰아낼 수 없다. 따라서 공기가 다시 물을 밀어내게 하고, 물의 충전 속도를 느리게 한다.

20개의 가지배관을 가진 원래의 시스템을 보자. 이 시스템은 갇힌 가지 배관으로 공기를 압

축함으로써 물이 공기를 밀어내게 할 수 있는 많은 양의 비유동 공간을 가지고 있다. 원래의 1,128gallon(4,272ℓ)시스템은 28.5초의 물의 이동시간을 가졌는데, 이는 우리 예제시스템의 36.5초보다는 빠르지만, 두 번째 시스템의 18.7초보다 느리다.

건식밸브에 급속개방 장치가 사용되는 때, 유입수는 밸브가 작동되는 순간에 시스템의 공압에 영향을 받는다. 그리고 이러한 부가적인 공압은 물의 이동시간을 지연시킬 수 있다.

명백하게도 배관구조는 물의 전이에 큰 영향을 끼친다. 체적만으로는 언제나 전이시간을 근원적으로 알 수는 없다. 체적과 배관 배치는 둘다 고려되어야 한다.

3. 압축

압축이란 물이 테스트 배출구에 도달한 때부터 수압이 필요한 최소치를 넘어 유지될 수 있는 때까지의 시간이다. 이것은 종종 완전흐름(full flow) 또는 '배출구가 공기분출을 중단하였을 때'라고 불린다.

완전압축(full compression)의 최적의 표현은 '입상관으로 들어간 물의 체적이 스프링클러로부터 배출되는 물의 체적과 같을 때'라는 것이다. 이것은 갇혀있는 모든 공기가 압축되었고 더 이상 흐름의 변동이 없다는 것이다. 이 값은 실제 상황에서 알 수는 없고, 오직 컴퓨터로만 확인이 가능하다.

4. 컴퓨터 계산

컴퓨터 프로그램에서는 건식 모델은 마디(node)로 연결된 직관들의 시스템으로 특징지어진다. 이 마디는 하나의 배관구경으로부터 다른 배관구경으로의 전이점, 엘보, 벤드, 티, 또는 흐름을 분기하거나 섞는 지선(lateral), 개방 스프링클러와 같은 노즐을 나타낸다.

수공급원은 정적이거나 펌프 구동 공급원 같은 변화 가능한 것으로 모델링될 수 있다. 그리고 공기와 물의 유동특성에 대한 등식은 유체유동에 대한 불안전 등식에 기반하고 있다. 이러한 등식들은 물과 가스와 연계된 적절한 경계 조건과 연속 조건을 가지고 어떠한 위치에서의 유체유동과 가스 유동의 유동특성을 풀이하는데 쓰인다.

입력 스크린은 마치 대부분의 수력프로그램 또는 좀더 복잡한 시스템을 위한 마디 대 마디(node by node) 입력과 같이 단순하다. 출력 정보는 수력 계산과 유사하지만 요약 정보는 유동과 마찰 손실보다는 작동시간 및 전이시간에 기반을 두고 있다. 건식 시스템 성능은 급수시간에 영향을 받는데, 실제 급수시간들을 알 수 있다면 크게 향상된다.

미래의 성능기반 설계는 단순히 NFPA 13의 구판에 있는 사전규정한 체적시간법칙(volume-time rules)을 이용하기 보다는 그 과정을 모델링함으로써 실제 물 이동을 이용해야 한다. Ⓜ