



공기조기방출장치를 이용한 가스계 소화설비 성능 개선

지문학*, 문찬국, 김형택
한국수력원자력 중앙연구원

Improvement of fire suppression capability by use of air early release equipment

Moon-Hak Jee, Chan-Koon Moon, Hyung-Tack Kim
KHNP of CRI

요 약

가스계 소화설비의 배관이 장거리 배관인 경우 소화약제 저장탱크의 선택밸브가 개방된 다음 소화약제가 화재지역에 방출될 때 까지 일정시간이 소요된다. 또한 소화약제 배관 내부의 공기와 소화약제가 함께 화재지역에 방출되어 소화약제 농도가 희석되므로 소화효과가 감소한다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 소화약제 배관이 방화지역으로 연결되는 지점에서 대기로 연결되는 공기 방출배관과 방출장치를 설치하여 가스계 소화설비의 소화효과를 높일 수 있는 설비 개선방안을 마련하였다.

1. 서 론

가스계 소화설비의 국가화재안전기준에 따르면, 소화설비의 배관 구경은 소화농도에 필요한 소화약제가 지정된 시간 이내에 방출되도록 설계되어야 한다. 이산화탄소 소화설비의 경우 전역방출방식은 1분 이내에, 할로젠 화합물 소화설비의 경우 10초 이내, 청정소화약제 (불활성가스 청정소화약제)의 경우에도 10초 이내에 필요한 소화약제가 방출되어야 한다. 소방방재청 고시 제2010-1호(2010.1.6)인 가스계 소화설비의 설계프로그램 성능시험 기술기준에 의하면 가스계 소화설비는 소화농도, 설계농도, 배관비, 방출시간, 분사헤드 최소설계압력 등 다양한 기술적 요건을 만족하여야 한다.

가스계 소화설비는 수계 소화설비를 대신하여 전기적 절연성, 소화약제 피해 감소, 소화배관 동결 예방, 설치 방법과 사용의 간편성 등의 이점을 고려하여 원자력발전소, 석유화학단지, 반도체 생산설비 등의 전기설비, 제어패널, 복잡한 공정장치 등에 사용되고 있다. 그러나 소화약제 공급탱크에서 화재구역까지 배관길이가 길거나 밸브 등 피팅류가 늘어날 경우 소화약제가 화재구역까지 방출되는 시간이 길어지고 압력손실이 증가하여 소화약제 방출에 관한 법적 요건을 만족하지 못하게 된다. 이에 따라 본 연구에서는 가스계 소화설비에 공기조기방출장치를 설치하여 소화효과를 개선한 실용 방안을 제시하였다.

2. 가스계 소화설비의 설계 요건

이산화탄소, 할로겐화합물, 청정소화약제 소화설비로 대별되는 가스계 소화설비는 국가 화재안전기준에서 정하는 바에 따라 컴퓨터를 이용하여 설계하는 경우 국가 지정기관으로부터 검증받은 설계프로그램을 사용하여야 한다. 우리나라의 경우 2000년 10월, 가스계 소화설비의 성능에 관한 인정기준이 제정되었으며 2010년 1월 소방방재청 고시 제2010-1호에 의해 가스계 소화설비의 설계프로그램 성능시험 기술기준이 개정되었다. 개정된 기술기준에서는 소화약제의 설계농도에 결정적인 변수인 배관비, 방출시간, 분사헤드 최소설계압력 등에 대하여 정의하고 있다. 이에 따라 신규 정의된 용어의 설계 요건을 검토하고 산업계 현장에 실제 설계된 가스계 소화설비의 소화약제 배관 설치길이가 길거나 마찰손실이 클 경우 배관비와 방출시간을 고려하여 설계농도에 미치는 영향을 분석하였다.

2.1 설계농도에 미치는 주요 변수

가스계 소화설비는 구획화된 방호구역 또는 화재구역에서 발생한 화재를 소화하고 재발화를 방지하기 위한 목적으로 필요한 소화약제를 요구시간에 방출하여야 한다. 한편 개정된 기술기준에는 배관비, 방출시간, 분사헤드 최소설계압력을 정의하고 있으며 이들 항목을 고려하여 설계프로그램을 개발하고 현장 실정에 적합하도록 사용하여야 한다. 방호구역의 소화에 필요한 설계농도를 달성하기 위해 중요한 설계변수의 정의는 다음과 같다.

- 배관비 : 소화약제의 체적(액화가스의 소화약제는 액상체적, 압축가스의 소화약제는 저장용기 체적) 대비 해당 방호구역 전체 배관 체적의 백분율
- 방출시간 : 분사헤드로부터 소화약제가 방출되기 시작하여 방호구역의 가스계 소화약제 농도값이 최소설계농도의 95%에 도달되는 시간
- 분사헤드 최소설계압력 : 가스계 소화설비의 설계메뉴얼 또는 설계프로그램에서 정하는 분사헤드 설계압력의 최소값

위의 설계변수중 배관비는 소화약제 저장량 대비 소화배관의 체적을 제한하는 사항으로서 소화배관이 지나치게 길거나 배관경이 증대되는 것을 막기 위한 사항이다. 방출시간은 방호구역에 필요한 소화약제가 정해진 시간 이내에 방출되는 요건이지만 화재를 최대한 빠른 시간에 조기 진압하기 위한 목적으로 해석된다. 분사헤드 최소설계압력은 소화약제의 방출속도와 관련되며 소화약제가 화원을 포함한 화재구역 전체에 폭넓게 방사되어 질식효과를 얻기 위한 목적이다. 따라서 이들 변수에 대한 정의를 실용적 측면에서 파악하고 설계 사양에 반영하여 가스계 소화설비의 소화효과를 높일 수 있는 개선 방안이 필요하다.

2.2 설계농도 주요변수 요구사항

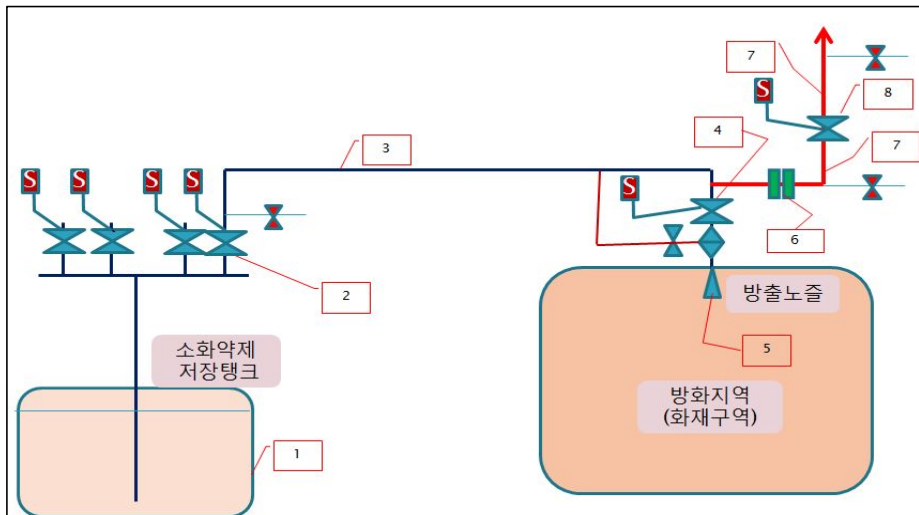
가스계 소화설비의 해외기술중 가장 표본이 되는 미국화재방호협회(NFPA)의 기술기준은 이산화탄소소화설비, 할로겐화합물소화설비, 청정소화약제소화설비는 각각 NFPA-12, NFPA-12A, NFPA-2001로 구분할 수 있다. 이들 기술기준에는 국내의 기술기준에서 제시한 배관비가 정의되지 않았으나 소화약제의 종류별 배관경, 마찰손실, 보정계수 등에 대한 기준을 명확히 설정하여 방호구역에 필요한 소화약제량을 산정하도록 제시하였다. 소화약제 방출시간과 분사헤드에서 소화약제가 방출되는 압력은 국내외의 기술기준에서 동

일한 기준을 적용하거나 동등한 소화효과를 얻을 수 있는 방법을 제시하고 있다. 따라서 소화설비 기술기준 및 성능시험 기준에 따라 가스계 소화설비의 법적 요건을 만족하여야 한다.

그러나 실제 산업계 현장의 경우 소화약제 저장탱크로부터 방호구역 까지 거리가 멀거나 다수의 방호구역이 존재하며 내화방벽 외곽에 배관을 배치해야 하는 경우 소화설비의 성능 및 설계기준에 적합하도록 설계하는 것이 용이하지 않다. 특히 할로젠화합물 또는 청정소화약제의 경우 10초 이내에 설계농도에 필요한 소화약제를 방출하여야 한다. 이에 따라 미국의 청정소화약제 소화설비 기술기준인 NFPA-2001에서는 소화약제의 방출에 대한 시간 지연을 엄격히 제한하고 있다. 즉, 소화약제의 방출에 앞서 경보를 위한 시간지연은 허용하지만 화재감지기 동작을 확인하기 위한 조치 등 불필요한 시간지연을 제한하고 있다.

2.3 설계농도 주요변수 개선사항

원자력발전소의 가스계 소화설비는 법적 요건을 만족하면서 화재로 인한 원자로 안전 정지 기능에 미치는 영향을 사전에 제거하는 것이다. 이러한 목적을 달성하기 위하여 발전소 현장의 소화약제 배관이 길거나 마찰손실이 증가하는 열악한 조건에도 불구하고 배관비, 방출시간, 분사헤드 최소설계압력 등 규제요건을 실용적으로 만족하고 안전정지 기능을 확보하기 위하여 공기조기방출장치 (air early-release equipment)를 개념화하였다. 공기조기방출시간은 방화지역의 조기 경보시간인 20~30초를 이용하므로 화재방호 규정과 기술기준을 만족한다. 이러한 설비개선 방안은 일반산업계에도 적용할 수 있는 범용적 기술이며 아래에 공기조기방출장치를 이용한 설비개선의 개략도를 표시하였다.



(1. suppressant source, 2. selection valve, 3. gas piping, 4. fire zone selection valve, 5. nozzle, 6. orifice, 7. air release piping to atmosphere, 8. air release valve)

Figure 1. Improved gas suppression system with air-early-release apparatus

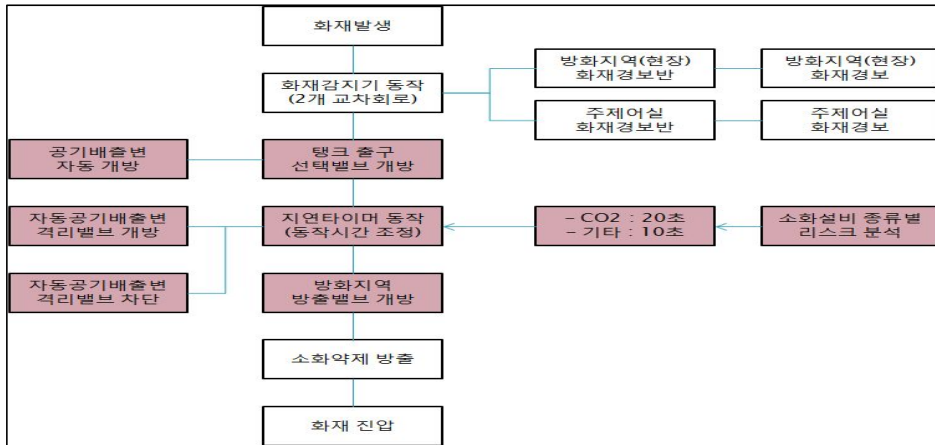


Figure 2. Control logic for the system of air early-release apparatus

Figure 1에서 공기조기방출장치는 방화지역 직전의 소화약제 배관에서 대기로 방출되는 인출배관을 설치하고 전기적 신호에 의해 제어되는 격리밸브를 설치한 것이다. 또한 소화약제가 대기로 방출되는 것을 최소화하기 위하여 엔지니어링 분석에 의해 계산이 가능한 오리피스를 설치하였다. Figure 2는 공기조기방출장치의 작동개요를 나타내는 논리회로로서 음영처리한 부분이 설계개선을 한 부분이다. 즉, 방화지역에서 화재가 발생할 경우 실내 인원의 대피를 위한 사전 경보시간을 이용하여 미리 소화약제 배관에 약제를 충전하며 배관 내부의 공기를 대기로 방출함으로써 화재가 발생한 구역에 높은 농도의 소화약제를 즉시 방출할 수 있으며 화재를 초기에 진압할 수 있으므로 가스계 소화설비의 소화효과를 매우 높일 수 있다.

3. 결 론

최근 가스계 소화설비는 컴퓨터를 이용한 설계에 의존하고 있으며 인허가 기관에서도 설계프로그램의 결과를 이용하여 소화설비의 성능을 인정하고 있다. 따라서 배관길이, 소화약제 저장량, 설계농도, 방출시간의 제약을 극복할 수 있는 가스계 소화설비의 공기조기 방출방식은 규제조건과 소화효과를 동시에 만족할 수 있는 개선된 소화방식이라고 판단된다. 이산화탄소와 할로겐 소화약제의 국제적 규제로 청정소화약제의 사용이 늘어나는 현 시점에서 본 연구를 현장의 실용화 사례는 국내 가스계 소화설비의 설계 및 시공에 크게 도움이 될 것으로 기대한다.

참고문헌

1. NFPA-12, Standard on Carbon Dioxide Extinguishing Systems (2000 edition).
2. NFPA-12A, Standard on Halon 1301 Fire Extinguishing Systems (1997 edition).
3. NFPA-2001, Standard for Clean Agent Fire Extinguishing Systems (2000 edition).