

저압이산화탄소 소화설비의 방출배관내 억제량

김위경
한국원자력안전기술원

Quantity of the Agent in the Piping System of Low Pressure Carbon Dioxide Extinguishing Systems

Kim, Wee Kyong
Korea Institute of Nuclear Safety (KINS)

요 약

국가화재안전기준 107 및 107A에서 할로겐화합물 소화설비와 청정소화약제 소화설비 설계시 하나의 방호구역을 담당하는 저장용기의 소화약제의 체적합계보다 소화약제의 방출시 방출경로가 되는 배관(집합관을 포함한다)의 내용적의 비율이 설정된 값 이상인 경우 당해 방호구역에 대한 설비는 별도의 독립방식으로 하도록 요구하고 있다. 이산화탄소 소화설비의 경우에는 이산화탄소의 증기압이 충분히 높으므로 방출배관의 용적에 대한 제한사항이 포함되어 있지 않으나 저압이산화탄소 소화설비의 경우 약제의 저장온도가 낮으므로 방출시 기화되어 설계시 의도한 방출량을 만족시키지 못할 수 있다. 본 논문에서는 저압이산화탄소 소화설비에 대한 방출배관 용적 제한 필요성에 대하여 논의하였다.

1. 서 론

가스계 소화설비는 압축된 소화약제 방출시 단열팽창으로 나타나는 냉각에 의한 소화기 능도 있을 수 있으나, 주로 소화약제가 방출됨에 따라 산소농도가 최소산소농도 이하로 저 하되거나 및 연소의 연쇄반응의 부족매 기능에 의해 소화기능을 발휘한다. 따라서 방호구역 에서 소화약제의 설정된 설계농도 이상으로 일정시간 유지될 수 있도록 충분한 양의 소화약 제가 방출되어야 한다. 가스계 소화설비의 설계시 방출배관의 용적에 대한 제한사항은 할로 겐화합물 및 청정소화약제 소화설비[1,2,3,4]에 규정되어 있다. 이러한 소화약제는 고온 분해 반응에 의한 독성가스 생성을 방지하기 위해 방출시간이 10초 제한되어 있고 증기압이 낮 아 억제방출을 위한 고압가스를 이용하고 있다. 반면에 이산화탄소 소화설비[5,6]의 경우 증 기압이 충분히 높으며(60 atm, 20 atm) 방출시간이 1분으로 규정되어 있어 방출배관에 대한 요건은 없으나 저압설비의 경우 약제가 낮은 온도로 저장되어 있어 방출시 기화되어 충분한 소화약제가 방출되기 어려워진다. 본 논문에서는 이산화탄소 소화설비의 방출배관의 용적 을 제한할 필요성에 대하여 논의한다.

2. 배관 내용적 제한사항

가스계 소화설비는 다수의 구역의 방호하기에 유용하며, 화재가 발생한 지역으로 소화약제를 분사할 수 있도록 선택밸브(그림 1 참조)를 개방시킬 수 있는 감지 및 제어회로가 구성되어야 한다. 이 경우 가장 큰 구역의 소화를 위해 필요한 양의 소화약제가 저장되어 있어야 하며, 화재 발생구역의 크기에 적합한 양의 소화약제를 제한된 시간내에 방출시킬 수 있도록 배관 및 노즐을 설계하여야 한다. 화재안전기준에 제시되어 있는 할로겐화합물 및 청정소화약제 소화설비의 배관 내용적비 설정배경은 다음과 같이 설명할 수 있다.

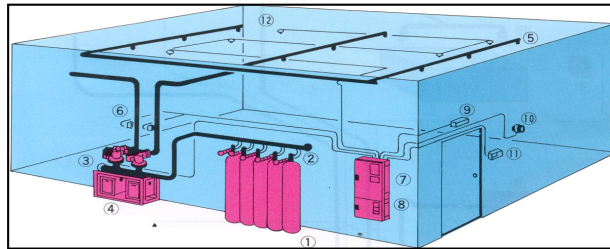


그림 1. 가스계 소화설비 개략도.

2.1 방출압력

가스계 소화설비는 일반적으로 고압용기에 액체상태로 저장되어 있다. 그러나 할로겐 화합물 및 청정소화약제의 자체 증기압으로만 충분한 방출압력을 제공하기엔 낮으며, 일부 할로겐 화합물의 경우 상온에서 증기압이 높은 경우도 있으나 분사시 발생하는 온도하강효과로 증기압이 급격하게 하강한다. 따라서 고압가스를 이용하여 가압 또는 축압방식으로 방출하지만, 소화약제가 방출됨에 따라 고압가스의 압력이 감소하여 방출압력은 저하된다.

2.2 방출시간

연쇄반응 억제효력이 있는 7족 원소(F, Cl, Br, I 등)가 포함되어 있는 청정소화약제 및 할로겐 소화약제는 고온에서 열분해되어 유독가스로 변화된다. 따라서 이러한 소화설비는 화재구역의 온도가 상승하기 이전에 화재를 진압할 수 있도록 방출시간이 10초로 제한되어 있다. 배관의 내용적이 큰 경우 방출 지연 효과가 있을 수 있다.

2.3 방호구역의 다양한 크기

방호구역이 많아짐에 따라 방출구역의 크기가 다양해지며 방출배관의 길이가 증가하여 배관의 용적이 증가한다. 설계농도 이상으로 유지하기 위한 소화약제량은 방호구역의 크기에 비례하므로 작은 방호구역의 경우 요구되는 소화약제량이 작아지므로 배관의 내용적비(= 배관의 내용적 ÷ 소화약제량의 체적)가 매우 커진다.

3. 저압이산화탄소 소화설비 배관 내용적 제한 필요성

저압식 이산화탄소 소화설비는 냉동장치가 설치되어 있는 저장용기에 -18°C 정도로 유지시키며, 저장용기의 압력은 21 atm 정도로 유지된다. 많은 양의 이산화탄소가 요구되는 방

호대상물의 경우 건물 내부에 매우 큰 저장공간이 요구되는 고압식 설비보다 저압식 설비가 많이 사용된다. 이산화탄소 소화약제 분출시 저장용기에 기-액 평형상태가 유지되는 한 방출압은 충분하게 유지되므로 이산화탄소 소화설비에 대한 배관 내용적 제한사항은 화재안전기준에 고려되지 않은 것으로 판단된다. 또한 이산화탄소 소화설비의 방출제한 시간이 1분으로 할로젠 계열의 소화설비보다 6배 큰 것도 또 다른 이유일 수 있다.

저압이산화탄소 소화설비의 경우 소화약제는 저온의 액상으로 저장되어 있으므로 대기압의 상온으로 유지되고 있는 방출배관의 열용량과 배관 외부와의 열전달현상으로 기상과 액상이 혼합되어 방출된다. 이러한 상태의 유동을 정확하게 예측하는 것은 어려우며, 상업용 해석코드에서는 혼합비율을 보수적으로 선정하여 마찰손실 및 방출량을 계산하고 있다. 그러나 배관의 용적이 증가하는 경우 기상의 분율이 증가하여 보수적으로 선정한 혼합비율을 초과하면 약제의 부피가 500~1000배 증가하므로 요구하는 약제량을 방출할 수 없다.

그러나 방출유량이 배관에 비하여 매우 작은 경우 할 수 있다.

기화현상이 열전달에 국한하여 발생하는 것으로 가정하고 방출구역이 상이한 지역에 대한 방출약제의 혼합비율을 예측하였다. 방출구역의 크기가 10배 차이가 있는 경우 필요한 소화약제량, 열전달량 및 기상분율을 표 1에 기술하였다.

표 1. 방출구역 크기가 10배인 방호대상에 대한 기상분율 예측

	방출구역 1	방출구역 2
크기	V	$0.1 V$
소화약제량	M	$0.1 M$
열전달량	$Q_1 = y_1 \cdot M \cdot \Delta h_v$	$Q_2 = y_2 \cdot 0.1 \cdot M \cdot \Delta h_v$
기상분율	$y_1 = \frac{Q_1}{M \cdot \Delta h_v}$	$y_2 = \frac{10 \cdot Q_2}{M \cdot \Delta h_v}$

따라서 방출구역 2에서의 기상분율은 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$y_2 = \frac{10 \cdot Q_2}{Q_1} \cdot y_1 \quad (1)$$

$$\Rightarrow Q_1 > Q_2$$

$$\Rightarrow y_2 \gg y_1$$

방출배관이 클수록 배관과(=배관무게×열용량×온도차= $W_p \cdot C \cdot \Delta T$)와 배관 외부로 손실되는 열(Q_{conv})은 커지므로 Q_1 은 Q_2 보다 크지만 소화약제량과 같은 비율보다 작을 것이다. 일반적으로 소화약제 방출시 10~20% 정도의 소화약제가 기화되는 것을 가정한다면 방호구역이 매우 작은 경우 기화되는 양이 증가하여 요구되는 소화약제의 양이 분사되지 않는 경우가 발생할 수 있으며, 액상으로 방출되는 경우보다 소화효과도 떨어진다.

따라서 저압이산화탄소 소화설비의 경우에도 할로젠화합물이나 청정소화약제와 같이 방출배관의 용적제한이 필요하다. 또는 저압이산화탄소 소화설비 설계시 기화분율을 예측하여 설계적합성을 확인하는 방안을 고려할 수 있다. 배관으로 손실되는 열과 배관 외부로 손실되는 열을 예측할 수 있는 경우 기상분율을 다음 식에서 계산할 수 있다.

$$y = \frac{W_p \cdot C \cdot \Delta T + Q_{conv}}{M \cdot \Delta h_v} \quad (2)$$

설계보수성을 확보하기 위하여 요구되는 기화분율(y)은 상세분석을 통하여 결정할 수 있을 것이다.

3. 결 론

가스계 소화설비는 설계농도 이상으로 일정시간 유지되어야만 소화효과를 발휘할 수 있다. 할로겐계열의 가스계 소화설비의 경우 고온 분해반응에 의한 유독성가스 발생제한을 위한 방출시간(10초)과 약제의 열역학적 특성(낮은 증기압) 때문에 방출배관 내용적비에 대한 규정이 화재안전기준에 제시되어 있으나 이산화탄소 소화설비의 경우 소화약제 방출시간이 1분이며, 이산화탄소의 높은 증기압으로 방출기간동안 충분한 방출압이 유지되어 방출배관 내용적비에 대한 규정이 제정되지 않았다.

방출배관에서의 유동현상은 비정상상태의 기·액의 혼상이므로 상업용 설계코드에서는 혼합비율을 보수적으로 산정하여 마찰손실 및 방출량을 계산하고 있다. 그러나 저압 이산화탄소 소화설비의 경우 저온으로 저장되어 있으므로 외부와의 열전달 현상에 의해 많은 양이 기화될 수 있고, 특히 방호구역의 크기가 크게 차이가 있는 경우 상업용 설계코드에서 보수적으로 설정한 값을 초과하여 예상되는 소화약제가 분사되지 않을 수 있으므로 저압 이산화탄소 소화설비 설계시 방출배관 내용적비에 대한 규정을 정립할 필요가 있다.

참고문헌

1. NFSC 107, 할로겐화합물 소화설비의 화재안전기준
2. NFSC 107A, 청정소화약제 소화설비의 화재안전기준
3. NFPA 12A, Standard on Halon 1301 Fire Extinguishing Systems
4. NFPA 2001, Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems
5. NFSC 106 이산화탄소 소화설비의 화재안전기준
6. NFPA 12, Standard on Carbon Dioxide Fire Extinguishing Systems