

가스계 소화설비의 개구부를 통한 소화약제 누출 및 보상문제에 관한 소고

A Study on the Agent Compensation for the leakage through openings and unsealed enclosure leakage areas for The Gaseous Extinguishing System

박 승 민

Seungmin Park

(주) 안 국 E & C

1. 서 론

현재 사용되고 있는 소화설비 중에서 건축물의 단위 면적 당 설치비용을 비교한다면 당연히 가스계 소화설비가 타 소화설비에 비하여 비용 면에서 유리한 점이 많지 않을 것이다. 그럼에도 불구하고, 다른 소화약제보다 가스계 소화설비가 많이 설치되고 있는 사유는 가스계소화설비가 다른 소화설비가 가지지 못하는 장점 즉, 소화 후에 그 대상물에 피해가 없다는 점을 가지고 있기 때문이다.

더욱이 1995년에 '청정소화약제의 종류 및 소화설비의 기술기준'이 행정자치부령으로 고시되어 7가지 종류의 청정소화약제가 국내에서 사용될 수 있는 길이 열린 이후에 우리나라에서는 할로겐화합물대체소화약제의 수요 및 공급이 급격히 증가되고 있는 실정이다.

그러나, 수계소화설비도 마찬가지로 하지만 가스계 소화설비는 설계와 시공에서 보다 많은 주의를 기울이지 않으면 소화설비로서의 역할을 절대로 기대할 수가 없는 것이 엄연한 사실이며, 따라서 설계 및 시공시 세심한 노력이 필요하나 그렇지 못한 경우가 대부분인 것이 현실이다.

가스계 소화설비는 그 소화약제의 특성상 방호구역 내의 틈새에 상당히 민감하게 영향을 받을 수밖에 없기 때문에 누설면적이 너무 크면 소화효과를 기대할 수 없다.

본 기고에서는 가스계소화설비의 여러 문제 중 개구부에 관한 문제와 그 대책을 정리하여 보고자 한다.

2. 방호구역의 개구부에 대한 소화약제의 가산 및 설계농도 유지시간

2.1 방호구역의 개구부에 대한 관련기준(법규 및 Code) 검토

2.1.1 국내소방기술기준에 관한 규칙

□ 이산화탄소 소화설비

○ 전역방출방식에 있어서 가연성 액체 또는 가연성 가스 등 표면화재 방호대상물의 경우에는 방호구역의 개구부에 자동폐쇄장치를 설치하지 아니한 경우에는 개구부면적 1m^2 당 5kg 을 가산하여야 한다(소방기술기준규칙 제48조 1호다목).

○ 전역방출방식에 있어서 종이·목재·석탄·섬유류·합성수지류 등 심부화재 방호대상물의 경우에는 방호구역의 개구부에 자동폐쇄장치를 설치하지 아니한 경우에는 개구부 면적 1m^2 당 10kg 을 가산하여야 한다(소방기술기준규칙 제48조 2호나목).

□ 이산화탄소 소화설비의 자동폐쇄장치(소방기술기준규칙 제56조)

이산화탄소 소화설비를 설치한 소방대상물 또는 그 부분에 대하여는 다음 각호의 기준에 의해 자동폐쇄장치를 설치하여야 한다.

○ 환기장치를 설치한 것에 있어서는 이산화탄소가 방사되기 전에 당해 환기장치가 정지할 수 있도록 할 것.

○ 개구부가 있거나 천장으로부터 1미터 이상의 아래 부분 또는 바닥으로부터 당해 층의 높이의 3분의 2이내의 부분에 통기구가 있어 이산화탄소의 유출에 의하여 소화효과를 감소시킬 우려가 있는 것에 있어서는

† E-mail: psm@ankugenc.com

Table 1. 개구부 면적 1 m²당 소화약제의 가산량

소방대상물 또는 그 부분		소화약제의 종별	가산량(개구부의 1m ² 당 소화약제의 양)
차고·주차장·전기실·통신기기실·전산실 기타 이와 유사한 전기설비가 설치되어 있는 부분		할론1301	2.4 kg
특수가연물을 저장·취급하는 소방대상물 또는 그 부분	제1종 가연물 또는 제2종 가연물을 저장·취급하는 것	할론2402	3.0 kg
		할론1211	2.7 kg
		할론1301	2.4 kg
	고무류·목재가공품·톱밥·면화류·목모·대패밥·종이조각·사류 또는 벗짚류를 저장·취급하는 것	할론1211	4.5 kg
		할론1301	3.9 kg
합성수지류를 저장·취급하는 것	할론1211	2.7 kg	
	할론1301	2.4 kg	

이산화탄소가 방사되기 전에 당해 개구부 및 통기구를 폐쇄할 수 있도록 할 것

○ 자동폐쇄장치는 방호구역 또는 방호대상물이 있는 구획의 밖에서 복구할 수 있는 구조로 하고, 그 위치를 표시하는 표지를 할 것.

□ 할로겐화합물 소화설비

○ 방호구역의 개구부에 자동폐쇄장치를 설치하지 아니하는 경우에는 Table 1에 의하여 산출한 양을 가산하여야한다(소방기술기준규칙 제60조 2항나목).

□ 청정소화약제 설비

○ 청정소화약제설비의 자동폐쇄장치는 소방기술기준규칙 제56조의 규정에 준하여 설치하여야 한다(따라서, 청정소화약제는 개구부에 소화약제의 양을 가산하는 것이 아니고 개구부에 자동폐쇄장치를 설치하여야 한다).

2.1.2 일본 소방기술기준

□ 이산화탄소 소화설비

○ 전역방출방식에 있어서 방호구역의 개구부에 자동폐쇄장치를 설치하지 아니한 경우에는 다음과 같이 이산화탄소 소화약제를 가산하여야 한다(Table 2).

(일본 소방기술기준제19조)

□ 할로겐화합물 소화설비

○ 방호구역의 개구부에 자동폐쇄장치를 설치하지 아

Table 2. 개구부 1 m²당 이산화탄소약제의 가산량

방호 대상물		개구부 1m ² 당 가산이산화탄소의 중량(kg)
통신기기실		10 kg
지정가연물	면화류, 목모등	20 kg
	목가공품류 등	15 kg
	합성수지류	5 kg
기타소방대상물		5 kg

Table 3. 개구부 1 m²당 소화약제의 가산량

소방대상물 또는 그 부분		소화약제의 종별	가산량(개구부의 면적 1m ² 당 소화약제의 양)
차고·주차장·전기실·통신기기실·전산실 기타이와 유사한 전기설비가 설치되어 있는 부분		할론1301	2.4 kg
지정가연물을 저장·취급하는 소방대상물 또는 그 부분	가연성 고체류	할론2402	3.0 kg
		할론1211	2.7 kg
		할론1301	2.4 kg
	목가공품류	할론1211	4.5 kg
		할론1301	3.9 kg
		합성수지류	할론1211 2.7 kg
	할론1301 2.4 kg		

니한 경우에는 다음 표에 의하여 산출된 양을 가산하여야 한다(일본 소방기술기준 제20조)(Table 3).

2.1.3 NFPA(National Fire Protection Association) Code

□ 이산화탄소 소화설비

○ 이산화탄소 소화설비의 소화효과는 소화농도의 유지에 좌우되므로 방호공간으로부터의 가스누출을 최소한도로 하여야 하고 여분의 가스를 보충해야 한다.

(NFPA 12·2-2.2)

○ 표면화재용 이산화탄소 소화설비의 소화시에 폐쇄될 수 없는 개구부는 설계농도로부터 예상되는 손실량의 이산화탄소양을 가산하여야 한다.

(NFPA 12·2-3.5.1)

○ 심부화재용 이산화탄소의 양은 원칙적으로 틈새가 거의 없는 방호구역에 적용되어야 한다. 설계농도에 도달한 후 그 농도는 20분이상 유지되어야 한다.

(NFPA 12·2-4.1)

○ 소화시에 폐쇄될 수 없는 개구부에는 소화시간 동안 예상되는 누설량과 같은 양의 이산화탄소를 가산하여 보정하여야 한다.

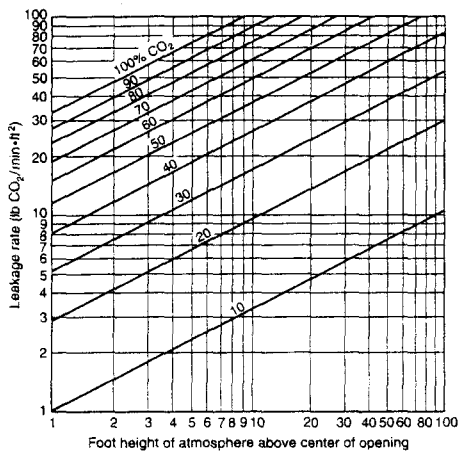


Fig. 1.

○ 가산되어야 하는 이산화탄소의 약제량 (NFPA 12A · 2-3)
 - 누출이 현저한 곳에서는, 설계농도가 신속히 얻어지고 팽창시간동안 유지되어야 한다. 가산되는 이산화탄소의 양은 누설된 량을 적용하여야 한다.
 방호구역 내의 온도 70°F(21°C)와 외부의 온도 70°F(21°C)를 근거로 계산된 이산화탄소 손실량(Fig. 1) (NFPA 12A.FIG A-2-5.2)

□ 할로겐화합물 소화설비
 ○ 개구부를 통해 인접 방호구역으로 누설되는 것을 방지하기 위해 개구부는 완전히 밀폐시키거나, 자동폐쇄장치를 설치하여야 한다.
 만일, 이것이 불가능하면 인접 방호구역도 해당방호구역과 함께 하나의 방호구역으로 구성하여야 한다. (NFPA 12A.3-3)

□ 청정소화약제설비
 ○ 개구부를 통해 인접 방호구역으로 누설되는 것을 방지하기 위해 개구부는 완전히 밀폐시키거나, 자동폐쇄장치를 설치하여야 한다.
 만일, 이것이 불가능하면 인접 방호구역도 해당방호구역과 함께 하나의 방호구역으로 구성하여야 한다. (NFPA 2001.3-3)

2.1.4 IRI (Industrial Risk Insurer) Code

□ 이산화탄소 소화설비
 ○ 폐쇄가 불가능한 개구부는 최소화하여야 한다. (IRI IM.13.3.1 2-2.2.1)
 ○ 이산화탄소 소화약제가 방출되기 전에 큰 개구부

는 자동으로 폐쇄하거나, 소화설비계통에 소화약제를 가산하여야 한다.

○ 소화설비가 전부 설치된 경우 설비계통의 전량방출시험(Full Discharge Test)을 통하여 추가방출 등의 성능을 평가하여야 한다.

○ 추가방출은 별도의 배관과 노즐을 통하여 이루어져야 한다. (IRI IM.13.3.1 2-4.4.1)

□ 할로겐화합물 소화설비

○ 창문 등은 자동폐쇄장치를 설치하거나 완전히 밀폐시켜야 한다. (IRI IM.13.4.1.1 3-3)

○ 출입문의 측면 및 바닥은 고무 등으로 마감처리하여 소화약제가 누설 할만한 틈이 없도록 하여야 한다.

□ 청정소화약제 소화설비

○ 창문 등은 자동폐쇄장치를 설치하거나 완전히 밀폐시켜야 한다. (IRI IM.13.6.1. 3-3)

○ 출입문의 측면 및 바닥은 고무 등으로 마감처리하여 소화약제가 누설 할만한 틈이 없도록 하여야 한다.

2.2 설계농도 유지시간

2.2.1 설계농도 유지시간의 정의

설계농도 유지시간(Soaking time/Holding time)이란

Table 4. code별 설계농도 유지시간

순	관련 법규 및 Code	소화약제	Soaking Time	비고	
1	국내 소방 기술 기준	이산화탄소	-	· 관련 규정없음. · 청정소화약제는 국제기준과 제조사 기준에 따르도록 규정.	
		할로겐화합물	-		
		청정소화약제	-		
2	NFPA Code	이산화탄소	표면화재 심부화재	- 20분	NFPA 12.2-4.1
		할로겐화합물		10분	NFA 12A.A-3.4.2
		청정소화약제		10분	
3	IRI Code	이산화탄소	표면화재	3분	IRI IM.13.3.1 2-3.5.5
			최소	20분	IRI IM.13.3.1. 2-4.1
			레코드 참고 등	30분	IRI IM.13.3.1. 2-4.1
		할로겐화합물	일반물질	10분	IRI IM.13.4.1.1. 1-4.6
			심부화재	30분	IRI IM.13.4.1.1. 1-4.6
			청정소화약제	10분	

가스계 소화약제가 방사되어 가연물을 소화하려면 설계농도가 도달된 이후에 완전히 소화되어 재발화하지 않도록 하기 위해서 유지되어야 하는 시간 또는 심부화재의 경우 소화작용을 위해 가연물 내부로 침투하는데 필요한 시간을 말한다.

2.2.2 관련법규 및 Code별 설계농도 유지시간(Table 4)

3. 검토 및 토의 내용

3.1 개구부에 추가로 가산되어야 하는 소화약제량의 산정

국내 소방기술기준과 일본 소방기술기준은 앞에서 언급한 바와 같이 개구부의 높이(위치)에 관계없이 개구부의 단위면적(m²)당 일정한 양의 소화약제를 가산하도록 되어 있으나, NFPA Code 12에 의하면 이산화탄소의 경우는 단위 면적·농도·개구부의 위치 및 누출시간에 따라서 소화약제를 가산하도록 하고 있고, 할로겐화합물 소화약제와 청정소화약제설비의 경우는 개구부를 완전히 폐쇄하도록 권하고 있다. 실제로 가스계 소화약제의 대부분은 기체 비중이 공기보다 무거우므로 혼합기체의 압력은 방호공간의 아래쪽으로 갈수록 상승하기 때문에 개구부가 상부에 위치했느냐 혹은 하부에 위치했느냐 하는 문제는 개구부를 통한 가스의 누설량에서 상당히 중요한 변수이다.

또한 방호구역내에서 실내 공기와 혼합된 공기가 하부 개구부를 통하여 누설되는 동안에 상부의 개구부에서는 공기가 유입되어 그 농도는 점차 줄어들 것이다. 따라서, 방호구역의 개구부를 통한 가스소화약제의 누설을 보상하기 위해 가산되는 소화약제는 면적뿐 아니라 개구부의 높이를 감안하여 실제로 누설되는 양만큼이 가산되도록 하여야 할 것이다.

3.2 설계농도 유지시간

국내 소방기술기준과 일본 소방기술기준에서는 규정하고 있지 않으나, NFPA Code 및 IRI Code에서는 소화약제와 방호대상물별로 설계농도 유지시간(Soaking Time)을 규정하고 있다. 즉, 가스계 소화설비의 소화방법은 가스약제별로 똑 같지는 않지만 방호구역내의 소화약제농도가 설계농도에 도달되었다고 즉시 소화가 되는 것은 아니며 일정한 시간동안 설계농도를 유지하여야만 소화가 되는 것은 이미 입증된 바 있다. 이 경우, 시간이 길수록 설계농도를 길게 유지하려면 많은 양의 소화약제가 필요하다.

그러나, 규정된 방사시간에 기본적인 소화약제와 함께 추가로 가산된 약제량을 방호구역에 한번에 방사한

다면 방사 후 최초의 단계에서는 설계농도가 상승되고 그에 따라 다소 설계농도 유지시간이 길어지는 것은 사실이지만 Code에서 규정된 정도의 설계농도(Design Concentration)와 시간(Soaking time)을 유지하는 것은 불가능함이 다음 장에서 입증되었다.

따라서, 개구부는 완전히 폐쇄하거나 자동폐쇄장치를 설치하여야 하고 부득이 개구부를 폐쇄하지 못하고 소화약제를 추가로 가산하여 누설량을 보상하고자 한다면, IRI Code에서 규정한 것과 같이 가산된 소화약제만을 방출할 수 있는 별도의 소화약제 저장용기, 배관 및 노즐을 통하여 필요한 설계농도 유지시간(Soaking time) 동안에 누설되는 양만큼을 계속하여 방호구역내로 방사하여 설계농도를 유지하여야 한다.

3.3 Door Fan Test를 통한 성능확인 시험방법

3.3.1 Door Fan Test의 도입배경

전역방출방식(Total Flooding System) 가스계 소화설비의 성능확인시험(Performance Verification Test)으로 직접적인 방출시험(Discharge Test)을 하거나 약제량의 일부만을 방출시키는 소위 간시험(Puff Test)을 실시하는 것이 보편적인 현실이다.

성능시험으로서 가장 확실한 방법은 직접적인 전량 방출시험이 최선의 방법이나 환경문제(대기오염물질의 방출금지), 고비용 및 시험절차의 난이성 등의 이유로 직접적인 방출시험을 가급적 규제하고 있어 가스계 소화설비의 성능확인을 위한 대안 모색이 지난 1980년대 후반에 활발하게 검토되어 간접적인 소화성능확인 방법으로 Door Fan Test를 도입하기에 이르렀다.

3.3.2 Enclosure Integrity Test의 개요

전역방출방식(Total Flooding System) 가스계 소화설비의 성능은 해당 방호구역에서의 소화약제의 설계농도유지가 필수적이며 대부분의 심부화재용 가스계 소화약제의 설계량은 거의 빈틈이 없는 방호구역을 전제로 상당시간동안 일정수준이상의 농도유지가 요구되나 실제 방호구역에는 다양한 형태의 개구부가 존재하고 약제의 방출압력, 밀도 등에 따른 약제의 누출로 소화농도 유지시간이 기준에 미달되는 경우가 많다.

Enclosure Integrity Test는 약제방출시와 동일한 환경을 조성하여 직접적인 약제의 방출없이 Door Fan, 각종 압력계 및 컴퓨터프로그램을 사용하여 실내·외의 정압, 송풍량 등을 측정하여 이를 방호구역내의 누설면적(Leakage Area), 약제의 설계농도유지시간(Retention Time)으로 환산하고, 누설 개구부의 위치를 발견하여 설치된 소화설비의 적정성에 대한 판단을 제공하는 간접적인 성능확인시험으로 ISO, NFPA, BS,

IRI등에 의해 채택되고 있는 신뢰성이 입증된 선진화된 시험기법으로 일명 Door Fan Test라고도 한다.

4. Door Fan Test의 Computer Program을 이용한 설계농도 유지시간 검토

이미 전술한 바와 같이 가스계소화설비가 화재시 방호대상물을 소화하기 위하여는 정해진 설계농도를 방출하여 그 농도를 일정시간(Soaking time or Retentiontime)동안 유지하여야 하나, 설계자가 원하지 않거나 예측하지 않은 개구부가 있으면 소화효과를 기대할 수 없게 된다.

본 장에서는 Door Fan Test의 컴퓨터프로그램을 이용하여 Sample 방호구역의 크기와 개구부의 총 면적을 같게 정하고 개구부를 상부와 하부의 면적 비율을 달리하여 국내 소방기술기준과 NFPA Code의 규정대로 개구부에 따른 소화약제의 가산량을 추가하여 방사시 설계농도 유지시간의 적합성을 검토하였다.

4.1 Door Fan Test Computer Program RETROTEC Discharge Simulator Version HA6.1.2

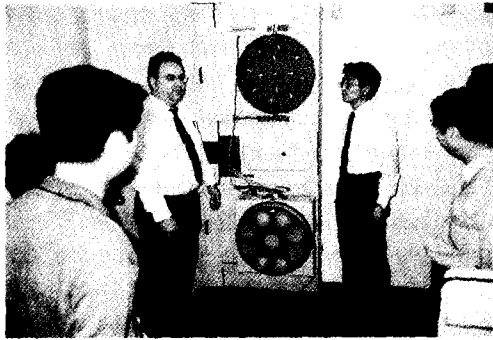


Fig. 2. DOOR FAN 설치

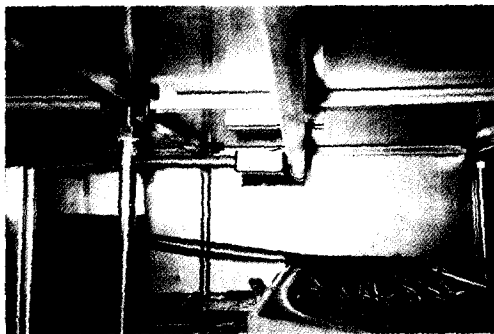


Fig. 3. 방호구역의 누설부위

한국화재·소방학회, 제1권 제1호, 2000년

Gaseous Extinguishing Agent Retention Time Prediction Mode

Copyright Retrotec Inc. 1997

4.2 설계농도 유지시간의 산출공식

NFPA 12A. B-2.7.1.7.에 의하면

방호구역내의 CO₂설계농도 유지시간을 계산하기 위해 사용되는 공식은 다음과 같다.

$$t = 2A_R \frac{\sqrt{C_3 H_0 + C_4} - \sqrt{C_3 + C_4}}{C_3 F_A A_T}$$

$$C_3 = \frac{2g(\gamma_m - \gamma_a)}{\gamma_m + \gamma_a \left(\frac{F_A}{1 - F_A} \right)^2}$$

$$C_4 = \frac{2P_{SH}}{\gamma_m}$$

여기에서,

t = 시간(sec)

C₃ = 상수

C₄ = 상수

A_R = 방호구역의 바닥면적(m²)

g = 중력가속도(9.81 m/sec²)

P_{SH} = 약제방출시의 정압(Pa)

H₀ = 방호구역의 높이(m)

H = 방호 대상물의 높이(m)

γ_m = CO₂/공기 혼합기체의 비중량(kg/m³)

γ_a = 공기비중량(1.202 kg/m³)

F_A = 전체 누출면적에 대한 하부 누출면적의 비율 (F_A > 0.5이면 F_A = 0.5를 적용)

A_T = 전체 누출면적

CO₂의 경우 CO₂/공기 혼합물의 비중 (γ_m)의 계산식은 다음과 같다

$$\gamma_m = 1.832 \frac{C}{100} + \left(\gamma_a \frac{100 - C}{100} \right)$$

여기에서,

γ_m = CO₂/공기 혼합물의 비중량(kg/m³)

γ_a = 공기 비중량(1.202 kg/m³)

C = CO₂ 설계농도(%)

위 식의 상수 1.832는 CO₂의 비중량임.

4.3 표면화재시의 설계농도 유지시간

4.3.1 방호구역

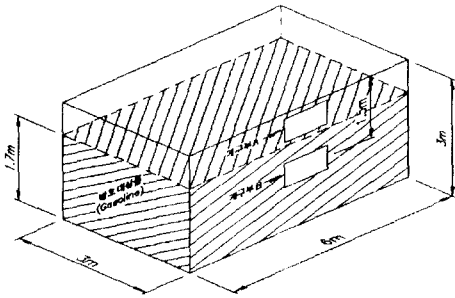


Fig. 4. 표면화재의 방화구역(예)

4.3.2 설계조건

순	조건	적용
1	약제	CO ₂
2	방식	전역방출방식, 표면화재
3	방화구역의 체적	3 m×3 m×6 m = 54 m ³
4	개구부	1 m ²
5	방호대상물	Gasoline
6	Flooding Factor	0.9 kg · CO ₂ /m ³
7	소요약제량	54 m ³ ×0.9 kg · CO ₂ /m ³ = 48.6 kg · CO ₂
8	방호대상물의 높이	1.7 m
9	약제 방출시간	1분
10	농도 유지시간	3분
11	설계 농도	최소 34%

4.3.3 CO₂ 량 계산

○ 국내소방기술기준의 경우(개구부를 1 m²로 가정)

- Case 1/Case 2/Case 3

개구부 1 m² 당 5 kg 보상.

따라서, 소요약제량 48.6 kg + 5 kg = 53.6 kg · CO₂

○ NFPA의 경우

설계농도 34%에서 개구부가 천정면에서 1.5 m 하부

에 있을 경우, 1 m²당 73.4 kg 보상

① 천정상부와 천정하부의 개구부 비율이 0.5:0.5일 경우 - Case 4

소요약제량 48.6 kg + 73.4 kg/m² × 0.5 = 85.3 kg · CO₂

② 천정상부와 천정하부의 개구부 비율이 0.8:0.2일 경우 - Case 5

소요약제량 48.6 kg + 73.4 kg/m² × 0.2 = 63.3 kg · CO₂

③ 천정상부와 천정하부의 개구부 비율이 0.9:0.1일 경우 - Case 6

소요약제량 48.6 kg + 73.4 kg/m² × 0.1 = 55.9 kg · CO₂

4.3.4 Program Run 결과

순	적용기준	개구부 분포		CO ₂ 초기 방사량	설계농도 유지시간 (34%)	비고
		개구부 A	개구부 B			
Case1	국내기준	0.5	0.5	53.6kg	2.2분	FAIL
Case2	국내기준	0.8	0.2	53.6kg	2.8분	FAIL
Case3	국내기준	0.9	0.1	53.6kg	4.0분	PASS
Case4	NFPA	0.5	0.5	85.3kg	2.2분	FAIL
Case5	NFPA	0.8	0.2	63.3kg	2.8분	FAIL
Case6	NFPA	0.9	0.1	55.9kg	4.0분	PASS

4.4 심부화재시의 설계농도 유지시간

4.4.1 방화구역

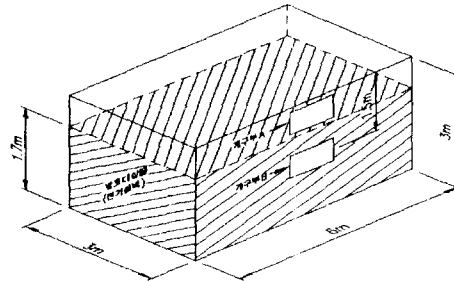


Fig. 5. 심부화재의 방화구역(예)

4.4.2 설계조건

순	조건	적용
1	약제	CO ₂
2	방식	전역방출방식, 심부화재
3	방화구역의 체적	3 m×3 m×6 m = 54 m ³
4	개구부	1 m ²
5	방화구역	천기실
6	Flooding Factor	1.6 kg · CO ₂ /m ³
7	소요약제량	54 m ³ ×1.6 kg · CO ₂ /m ³ = 86.4 kg · CO ₂
8	방호대상물의 높이	1.7 m
9	약제 방출시간	1분
10	농도 유지 시간	20분
11	설계 농도	최소 50%

4.4.3 CO₂ 량 계산

○ 국내기준의 경우(개구부를 1 m²로 가정) - Case 7/

Case 8/Case 9/Case 10

개구부 1 m²당 10 kg 보상
따라서, 소요약제량 86.4 kg+10 kg=96.4 kg

○ NFPA의 경우

설계농도 50%에서 개구부가 천정면에서 1.5 m 하부에 있을 경우, 1 m² 당 132 kg · 보상.

① 천정상부와 천정하부의 개구부 비율이 0.5:0.5일 경우 - Case 11

소요약제량 86.4 kg+132 kg/m²×0.5=152.4 kg · CO₂

② 천정상부와 천정하부의 개구부 비율이 0.8:0.2일 경우 - Case 12

소요약제량 86.4 kg+132 kg/m²×0.2=112.8 kg · CO₂

③ 천정상부와 천정하부의 개구부 비율이 0.9:0.1일 경우 - Case 13

소요약제량 86.4 kg+132 kg/m²×0.1=99.6 kg · CO₂

④ 천정상부와 천정하부의 개구부 비율이 0.992:0.008일 경우 - Case 14

소요약제량 86.4 kg+132 kg/m²×0.008=87.5 kg · CO₂

4.4.4 Program Run 결과

순	적용기준	개구부 분포		CO ₂ 초기 방사량	설계농도 유지 시간 (50%)	비고
		개구부 A	개구부 B			
Case 7	국내기준	0.5	0.5	96.4kg	2.1분	FAIL
Case 8	국내기준	0.8	0.2	96.4kg	2.6분	FAIL
Case 9	국내기준	0.9	0.1	96.4kg	3.6분	FAIL
Case 10	국내기준	0.992	0.008	96.4kg	22.4분	PASS
Case 11	NFPA	0.5	0.5	152.4kg	2.1분	FAIL
Case 12	NFPA	0.8	0.2	112.8kg	2.6분	FAIL
Case 13	NFPA	0.9	0.1	99.6kg	3.6분	FAIL
Case 14	NFPA	0.992	0.008	87.5kg	22.4분	PASS

4.5 결과분석

4.5.1 방호구역의 설계농도 유지시간은 초기에 방호구역에 방사되는 이산화탄소 소화약제의 양과는 관계가 없다.

즉, Case 1(CO₂ 방사량 : 53.6 kg)과 Case 4(CO₂ 방사량 : 85.6 kg)는 초기에 방호구역에 방사되는 이산화탄소 소화약제의 방사량은 상당히 차이가 있으나 설계농도 유지시간은 동일함.

4.5.2 국내 소방기술기준규칙은 방호구역 내에 존재하는 개구부의 면적이 동일하면 소화약제 가산량이 동

일하지만, 동일한 크기의 개구부라 하더라도 개구부의 위치(높이)가 달라짐에 따라서 설계농도 유지시간이 달라진다.

즉, 개구부의 총면적(1 m²)이 동일하고 약제방사량이 동일한 Case 1과 Case 3도 개구부의 위치와 분포가 달라지면 설계농도 유지시간에는 큰 차이가 있다.

4.5.3 심부화재의 경우에는 설계농도 유지시간이 보통 20분 이상으로 표면화재에 비하여 상당히 길게 요구되므로 개구부 관리에 신중을 기하여야 하며, 설계농도 유지시간이 개구부에 대하여 가산하는 소화약제의 양보다는 개구부의 위치와 분포에 기인됨을 알 수 있으며, 특히 벽체의 하부에는 개구부가 없도록 하여야 한다.

5. 결 론

전장에서 보는 바와 같이 가스계 소화설비가 설치되는 방호구역에서 가스약제 방출시 가스약제가 개구부에 의해 누출되는 것은 설계농도 · 개구부의 면적 · 개구부의 위치(높이)와 누출시간에 따라서 달라지며, 개구부의 면적과 설계농도에만 의존하는 것은 아니다.

따라서 개구부의 위치와 누출시간을 고려한 소화약제의 가산이 필요하되, 가산되는 소화약제는 아무리 많은 소화약제량을 추가한다하더라도 방호구역에 일정한 시간에 걸쳐서 방사시키지 않으면 설계농도 유지시간(Soaking Time or Retention Time)을 유지시키는 것은 불가능하므로 방호구역내의 개구부는 모두 폐쇄하거나 자동폐쇄장치를 설치하여야 한다. 또한 불가피한 개구부라면 소화를 위한 소화약제 설비와는 별도의 배관과 노즐을 통하여 가산되는 소화약제를 설계농도시간동안에 누출되는 비율만큼 가산하여 방사하여야 할 것이다. 특히 가스계 소화설비의 성능확인을 위해서는 경제적문제 · 환경문제(오존층파괴 등)로 인하여 전량 방출시험이 어렵다 하더라도 간접적인 성능시험방법인 Door Fan Test를 통하여 방호구역내의 누설면적과 설계농도 유지시간(Soaking Time)을 확인하여야 소화성능을 보장할 수 있을 것이다.

참고문헌

1. 국내 소방기술기준규칙, 제48조, 제56조, 제60조(1999)
2. 일본 소방기술기준 제19조, 제20조
3. NFPA 12 Carbon Dioxide Extinguishing Systems, 2-2.2, 2-3, 2-4.1(2000)
4. NFPA 12A Halon 1301 Fire Extinguishing

- Systems, 3-3, A-2-5.2, A-3.4.2(1997)
5. NFPA 2001 Clean Agent Extinguishing Systems, 3-3(2000)
 6. IRI IM.13.3.1 Carbon Dioxide Systems, 2-2.2.1, 2-4.4.1, 2-3.5.5, 2-4.1(1999)
 7. IRI IM.13.4.1.1 Halon 1301 Systems, 3-3, 1-4.6(1999)
 8. IRI IM.13.6.1 Clean Agent Systems, 3-3(1999)
 9. RETROTEC Enclosure Integrity Test Manual