



이산화탄소 소화설비 직접방사시험을 통한 소화성능 신뢰성 검증 연구

이세명 · 문성웅 · 유상훈
주식회사 페스텍 화재시험연구소

A Study on verifying the reliability of CO₂ Fire Extinguishing Systems through the Direct Discharge Test

Se-Myeong Lee · Sung-Woong Moon · Sang-Hoon Ryu
Fire Testing Laboratory, Festec International Co., Ltd.

요 약

CO₂ 소화설비는 방호구역 내 적절한 설계농도를 확보하고 또한 일정 시간 유지해 주어야 충분한 소화성능을 발휘할 수가 있다. 따라서 시공 후에도 CO₂ 소화설비의 성능을 주기적으로 확인이 필요하다. 석유화학플랜트나 원자력발전소와 같은 국가 중요위험시설은 화재 발생시 대형피해가 발생할 수 있으므로 직접방사시험을 통해 소화성능을 검증할 필요가 있다. 본 연구는 국가 중요위험시설에 설치된 전역방출방식의 CO₂ 소화설비 중에서 표면 화재 방호구역과 심부화재 방호구역을 각각 선정하여 CO₂ 소화설비의 소화성능을 검증해 보았다. 시험결과 표면화재와 심부화재 방호구역 모두 CO₂ 설계농도를 확보하고 있음을 확인하였으며, 심부화재의 경우 20분 이상 설계농도가 유지되었다. 본 연구를 통해 직접 방사시험 방법 및 판정방법을 소개하였으며, 국가 중요위험시설에는 직접 방사시험을 통한 소화설비 신뢰성 검증의 필요성을 제기하였다.

1. 서 론

CO₂ 소화약제는 주로 산소농도를 낮추어 연소를 억제하므로 방호구역의 밀폐도가 낮으면 소화성능을 제대로 발휘할 수가 없다. 이에 CO₂ 소화설비는 실제 방사 후 농도를 확인하기 위해서 주기적인 성능시험과 점검이 필요하다.

CO₂ 소화설비의 소화성능 시험방법은 크게 직접시험방법과 간접시험방법으로 구분해 볼 수 있다. CO₂ 소화설비의 소화성능을 검증하기 위해서는 직접시험방법이 좋지만, 고비용, 환경문제, 시험절차의 어려움으로 인해 직접시험방법의 대안으로 Door Fan Test를 활용한다. 우리나라에서도 고가의 장비가 설치된 전산실, 반도체공장, 석유화학플랜트 등에서 Door Fan Test를 시행하기도 하지만, 소방 관련법에서 Door Fan Test를 의무적으

로 실시하도록 규정하고 있지 않다. 일반건축물의 경우에는 CO₂ 소화설비의 점검을 위해 솔레노이드 밸브의 격발시험 및 외관점검만을 실시하고 있어 실질적인 CO₂ 소화설비의 소화능을 제대로 확인할 수가 없다. 또한, 석유화학플랜트나 원자력발전소의 경우에는 화재가 발생하였을 때 대규모 피해가 발생할 수 있기 때문에 소화설비의 성능을 최상으로 유지해야 한다.

2. 실험 개요 및 방법

2.1. 방사시간(Discharge Time) 및 설계농도유지시간(Soaking Time)

미국의 NFPA 12(Standard on Carbon Dioxide Extinguishing Systems)와 우리나라의 NFSC 106(Codes on Carbon Dioxide Extinguishing Systems)에서는 CO₂ 소화약제가 표면화재의 경우 1분 이내, 심부화재의 경우 7분 이내에 방사되도록 규정하고 있다. 그리고 심부화재의 경우에는 설계농도가 2분 이내에 30%에 도달해야 한다고 규정하고 있다.

또한 설계농도유지시간에 대해서는, 미국의 NFPA 12에서는 설계농도를 표면화재의 경우 1분 이상, 심부화재의 경우 20분 이상을 유지하도록 권장하고 있으나 우리나라 NFSC 106에서는 관련 규정이 없다.

2.2. 표면화재 및 심부화재의 설계농도 및 저장량 산정식

표면화재는 가연물의 표면에서 불꽃을 발생하며 신속하게 연소가 진행되는 반면에 심부화재는 가연물 내부에서 서서히 화재가 진행되어 간다. 이러한 화재의 특징에 따라 CO₂의 설계농도와 필요 소화약제량은 달라질 수밖에 없다. 표면화재의 경우 CO₂의 최소농도는 최소이론농도에 20%를 가산한 34%이며 심부화재는 NFPA12 심부화재 대상물에 대한 설계농도에 따라 얻을 수 있다.¹⁾

CO₂ 소화약제는 실내 온도에 따라 농도가 달라진다. 따라서 적정 CO₂ 소화약제량 설계농도를 확보하기 위해 NFPA에서는 30℃(표면화재)와 10℃(심부화재)를 기준으로 하고 있다. 이를 통해 표면화재 및 심부화재의 방호구역의 실내온도에 따른 CO₂ 농도 및 O₂ 농도를 계산한 결과 Table 1의 값을 얻었다.

2.3. CO₂ 소화설비 직접 방사시험

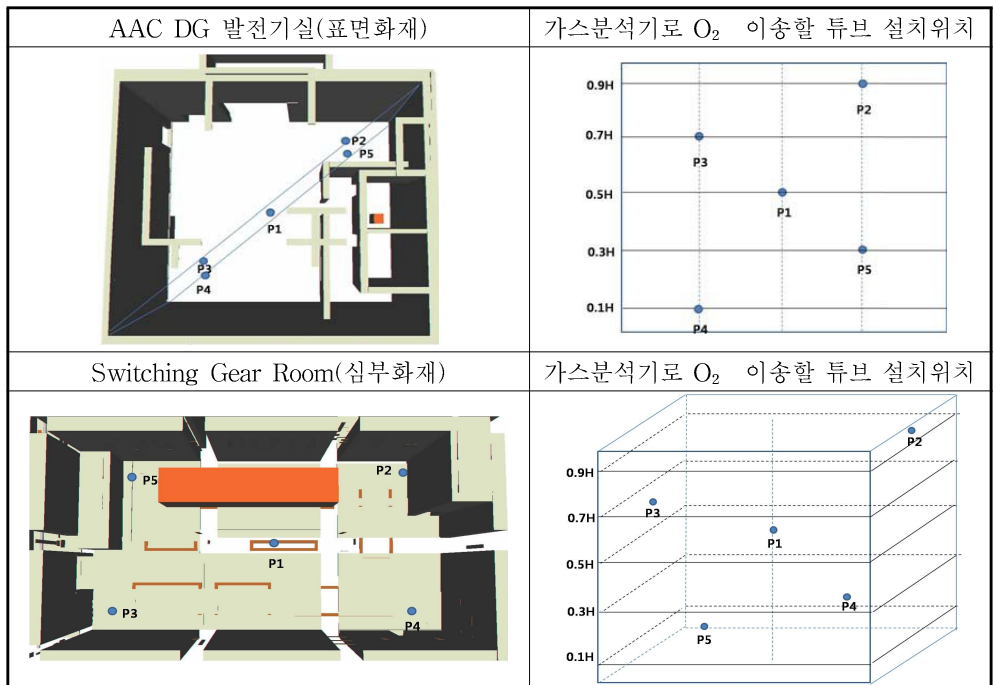
방사시험은 표면화재 방호구역과 심부화재 방호구역으로 구분하여 실시하였으며, 해당 방호구역 내에 CO₂ 설계농도가 확보되는지를 확인하기 위해 Table 2와 같이 O₂ 농도를 측정할 수 있는 가스 분석기(Gas Analyser)를 사용하였다. 즉, 방호구역 내 O₂ 농도를 가스 분석기를 이용하여 측정한 후 CO₂ 농도값을 계산하였다. 또한 방호구역 내 혼합가스가 가스 분석기까지 도달하는데 걸리는 시간을 측정하여 약 11초의 평균 지연시간을 확보하였다.

실험결과 약 40초 시점부터 헤드의 온도가 급격히 하강함을 확인하였다. 이때부터 방호구역 내 CO₂ 가스가 방사되기 시작하여 방호구역 내에 설치된 튜브를 통해 가스 분석기까지 이동하는데 걸리는 지연시간 11초를 더하여 51초부터 가스 분석기는 방호구역 내 산

Table 1. CO₂ concentration and O₂ concentration according to indoor temperature of protected area

| | 방호구역 실내온도 | CO ₂ 농도 | O ₂ 농도 |
|---------------------------|------------|--------------------|-------------------|
| 표면화재 | 30℃ (기준온도) | 34.0% (S=0.56) | 13.86% |
| | 0℃ | 31.7% (S=0.51) | 14.34% |
| | -30℃ | 28.5% (S=0.45) | 15.01% |
| | -60℃ | 25.9% (S=0.40) | 15.56% |
| | -70℃ | 24.6% (S=0.38) | 15.83% |
| 심부화재 | 10℃ (기준온도) | 50.0% (S=0.52) | 10.5% |
| | 0℃ | 49.2% (S=0.51) | 10.7% |
| | -30℃ | 45.0% (S=0.45) | 11.5% |
| | -60℃ | 41.1% (S=0.40) | 12.3% |
| | -70℃ | 39.7% (S=0.38) | 12.6% |
| 심부화재 (2분내 설계농도 30%) | 10℃ (기준온도) | 30.0% (S=0.52) | 14.7% |
| | 0℃ | 29.7% (S=0.51) | 14.8% |
| | -30℃ | 26.7% (S=0.45) | 15.4% |
| | -60℃ | 24.1% (S=0.40) | 15.9% |
| | -70℃ | 22.4% (S=0.38) | 16.3% |

Table 2. The floor plan of the test area



소농도를 측정하기 시작하였다. 또한 CO₂ 소화설비의 설계농도는 방사 후 1분 내에 설계농도에 도달하여야 하므로 방사시간과 지연시간을 고려해 111초에서 CO₂ 설계농도에 도달하는지를 확인하였다. 111초 시점에서의 각 지점의 O₂ 농도는 Table 3과 같다.

실험을 통해 CO₂ 가스가 방사된 후 방호구역 내의 실내온도가 약 -20℃ ~ -100℃가 되

Table 3. Oxygen concentration in protected area

| | Time(sec) | O ₂ _1H(%) | O ₂ _3H(%) | O ₂ _5H(%) | O ₂ _7H(%) | O ₂ _9H(%) |
|------|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 표면화재 | 111 | 14.245 | 14.819 | 13.977 | 12.819 | 15.001 |
| | 191 | 13.93 | 13.843 | 14.284 | 14.404 | 14.794 |
| 심부화재 | 491 | 7.130 | 5.872 | 7.790 | 7.221 | 7.128 |
| | 1271 | 6.631 | 5.603 | 6.258 | 6.303 | 6.250 |

고 있음을 확인할 수 있었다. 따라서 계산한 CO₂ 소화설비 소화성능 판정기준에 따라 AAC DG 발전기실 내부 5개 지점에 대한 당해 방호구역은 -30℃와 -70℃ 모두에서 설계농도를 만족하고 있음을 확인할 수 있었다.

심부화재 실험결과 약60초 시점부터 헤드의 온도가 하강하기 시작하였다. 이때부터 방호구역 내 CO₂ 가스가 방사되기 시작하여 방호구역 내에 설치된 튜브를 통해 가스 분석기까지 이동하는데 걸리는 지연시간 11초를 더하여 71초부터 가스 분석기는 방호구역 내 산소농도를 측정하기 시작한다. CO₂ 소화설비의 설계농도는 방사 후 2분과 7분 내에 해당 설계농도에 도달해야 하고 이후 20분간 설계농도를 유지하여야 한다. CO₂ 가스 방사 후 2분, 7분, 그리고 20분이 경과하였을 때의 각 지점의 O₂ 농도 및 CO₂ 농도는 Table 3 과 같다.

소화설비 소화성능 판정기준에 따라 Switching Gear Room 내부 5개 지점에 대한 산소 농도를 측정한 결과 당해 방호구역은 -30℃와 -70℃ 모두에서 설계농도를 만족하고 있었고 20분간 설계농도가 유지되고 있음을 확인할 수가 있다. 결과적으로 실험대상의 CO₂ 소화설비의 신뢰성을 검증할 수가 있었다.

3. 결 론

CO₂ 소화설비의 설계농도를 확보하기 위해서는 배관설계 및 약제저장량의 정확한 설계가 필요하다. 그러나 액체 및 기체의 흐름으로 인해 계산이 상당히 복잡하며 방호구역의 환경에 따라서 결과값이 달라질 수 있다. 결국 현재 시행하는 솔레노이드 격발시험이나 외관점검만으로는 CO₂ 소화설비의 소화성능을 제대로 확인할 수 없다. 따라서 CO₂ 소화설비의 신뢰성 분석은 해당 방호구역에 대해 간접시험방법인 Door Fan Test를 실시할 필요가 있으며 최상의 소화성능을 유지할 필요가 있는 국가 중요위험시설에는 직접 방사시험을 통해 설비의 신뢰성을 검증하여 화재로 인한 대형 사고를 미연에 방지할 수 있을 것이다.

참고문헌

1. NFPA 12, “Standard on Carbon Dioxide Extinguishing Systems”, National Fire Protection Association, 2000 Edition.
2. U.S. Department of the Interior Bureau, “CO₂ System Operation and Maintenance“, Facilities, Instructions, Standards, and Techniques Volume 5-12(2005).
3. 남상욱, “소방시설의 설계 및 시공”, 성안당(2008).