

제62회 소방설비기술사 시험문제 해설 (2000.9.17 시행)

본 강좌는 『의제전기설비연구원』 (☎ 2632-4541)에서 제공하는 코너입니다. 지난 113호에 이어서 제62회 기출문제 풀이를 계속하여 게재합니다. 기출문제는 제113호에 게재되어 있습니다.

♣ 본 문제는 수험생의 구술에 의해서 작성되었으므로 약간의 차이가 있을 수 있습니다. ♣

1. Flashover와 Back Draft의 차이

가. Flashover 정의

ISO의 방화시험 용어(ISO 3261)에 의하면, Flashover는 『구획 내 가연성 재료의 전표면이 불로 덮이는 전이 현상』으로 정의되어 있다.

즉, 화재가 발생하는 과정에 있어서 화원 가까이에 한정되어 있던 연소영역이 조금씩 확대된다. 이 단계에서 발생한 가연성 가스는 천장 근처에 체류한다. 이 가스농도가 증가하여 연소범위 내의 농도에 달하면 착화하여 천장이 화염에 싸이게 된다. 그 이후에는 천장면으로부터의 복사열에 의하여 바닥면 위의 가연물이 급속히 가열 착화하여 바닥면 전체가 화염으로 덮이게 된다.

나. Flashover 조건

Flashover가 발생하는 환경조건은,

- ① 평균온도 500℃~600℃
- ② 바닥면의 복사수열량: 20~40kw/m²정도

③ 산소농도: 10%

④ CO₂ / CO = 150에 달한 상태이다.

Flashover의 발생으로 개구부에서 농연 혹은 화염의 분출이 시작되고, 상층 또는 인접 건물에 대한 연소위험이 높아진다.

다. Backdraft 정의

Backdraft 현상은, “소방대가 소화 활동을 위하여 화재실의 문을 개방할 때 신선한 공기가 유입되어 실내에 축적되었던 가연성 가스가 단 시간에 폭발적으로 연소함으로써 화재가 폭발을 동반하여 실외로 분출되는 현상”을 말한다.

라. Backdraft 조건 및 피해

(1) 조건

사전에 실내가 충분히 가열되어 다량의 가연성 가스가 축적되어 있는 것이 전제조건이 된다. 화재시 가스배관이 파손되어 가스가 새어나와 발생하는 폭발도 종종 Backdraft가 되어 폭발과 충격파를 일으킨다.

(2) 피해

농연의 분출, Fire Ball의 형성, 건물 벽체의 도피 등이 있다.

마. Flashover와 Backdraft의 차이점

(1) 폭풍 혹은 충격파

- ① Flashover : 급격한 가연성 가스의 착화로써 폭풍이나 충격파는 없다.
- ② Backdraft : 진행이 빠른 화학반응으로써 대기의 급격한 온도상승, 팽창, 압력상승을 일으키고 폭풍 혹은 충격파를 수반한다.

(2) 화재발생 단계

- ① Flashover : 화재 성장기(제1단계)에서 발생
- ② Backdraft : 감쇠기(제3단계)에서 발생

(3) 공급요인

- ① Flashover : 열의 공급이 요인
- ② Backdraft : 산소의 공급이 요인

2. Large Drop 스프링클러헤드

가. 개요

- (1) 라지 드롭 스프링클러는 대량 열방출, 고속 기류 방출화재의 제어수단으로 개발
- (2) 고속열기류 방출 화재에서 발생하는 Skipping 현상에 대응 가능

나. 특성

(1) NFPA13의 정의

라지 드롭 스프링클러의 K팩터는 11.0~11.5 사이로 화재침투, 냉각, 특수한 방수형태의 특성이 있다. 라지 드롭 스프링클러의 디플렉터/방수특성은 고속 화재기류를 효과적으로 침투할 수 있는 물방울을 만든다는 것이다.

(2) UL의 정의

라지 드롭 스프링클러는 고속 화재기류에 효과적으로 침투하는 방수형태를 이룰 수 있다.

표준 오리피스 스프링클러보다 약 100%를 더 방수한다. 오리피스의 공칭 규격은 16mm로 K팩터는 11.0~11.5이다. 라지 드롭 스프링클러는 13mm나 19mm NPT 유입나사형이다. 렌치 평면에 도장이나 주조로 공칭 오리피스 크기 16mm를 각인하고 디플렉터 뒤 연장축이 된다.

(3) 상향형으로 정격온도는 71.1℃, 104.4℃, 141.1℃가 있다.

(4) 스프링클러에서 나온 물방울은 3가지의 효과적이고 유효한 기능인

(가) 연소 연료표면에 도달하기 위한 화재 기류 속으로의 침투

(나) 천장 아래 수평으로 확산하는 고온 기체의 냉각

(다) 주위 가연물을 적시는 등의 역할이 예측된다.

(5) 비화재 상태에서 측정된 방수밀도는 화재시의 스프링클러 상태와는 아주 다르다. 이론 및 실험결과에 따르면 라지 드롭은 고속으로 화재기류를 침투할 수 있고, 따라서 물방울이 클 수록 화재에 효과적이다. 소화에 가장 적합한 크기는 직경 4~5mm이다. 작은 물방울(0.5mm 이하)은 주변 냉각, 특히 천장 밑에서 원거리 스프링클러의 작동을 막는 데 효과가 있다.

(6) 2kg/cm²의 정상 작동압력에서 표준 스프링클러는 약 1mm 직경의 물방울을 만든다. 방수 중, 물 중량의 약 8%는 2mm 이상이고 약 4% 정도가 0.5mm 미만이다. 표준 스프링클러는 큰 물방울과 작은 물방울이 뒤섞여 있고 중간 크기 물방울의 많은 양이 소화에 유효한 기능을 하지 않는 것을 의미한다.

(7) 라지 드롭 스프링클러는 최대 오리피스 구경이 되도록 설계되어 13mm 나사식 관이 사용될 수 있도록 한다. 따라서 16.2mm 최대 오리피스는 기존 설비에도 사용되게 하면서 스프링클러의 방수량을 증가시킬 수 있다. 라지 드롭 스프링클러는 고속화재기류를 침투할 수 있는 직경 4~5mm인 큰 구경의 물방울이 생기도록 만든 것이다. 또한 라지 드롭 스프링클러는 고속 화재기류에서 표준 스프링클러에서 나타나는 skipping효과에 대응하기 위해 방수 방향을 아래로 향하도록 제작되어 있다.

(8) 물방울의 종말속도 관련 물방울 크기의 중요성 : 천장에 스프링클러로 생긴 물방울이 효과적 소화를 하기 위해 연소되는 표면에 도달하게 하려면 부양성 부력플럼을 뚫고 아래로 침투하도록 하여야 한다. 스프링클러 방수와 화재플럼의 상호작용에는 중력(gravity) 지배 경우와 운동량(momentum) 지배 경우의 두 가지가 있다. 중력지배에서는 물방울의 하강 운동량이 화재플럼의 상승 운동량에 비하여 적을 때, 물방울은 각각의 물방울의 중력과 화재플럼이 그 물방울을 위로 올리려는 힘간의 균형에 의해 화재플럼의 기저에 도달한다. 즉, 이 균형의 임계값은 물방울의 종말속도 $U1$ 이다. 화재기류 상승속도 V 가 종말속도 $U1$ 보다 크면, 물방울의 하강은 역전될 것이다. 이것은 화재플럼 속도보다 큰 기류온도에서의 어떤 종말속도를 가진 큰 구경의 물방울만이 화원에 도달하기 위해 기류를 침투할 수 있다는 것을 뜻한다.

운동량 지배 경우에서는 스프링클러 방수의 하향 운동량의 합이 화재기류의 상승 운동량에 비해 상당히 클 때 물방울이 화원에 이르고, 여기서는 물방울의 크기가 더 이상 중요치 않다.

(9) 라지 드롭 스프링클러는 습식, 건식, 준비작동식 모두에 사용하도록 허용된다.

(10) 라지 드롭 스프링클러가 준비작동식이나 건식시스템에 사용될 때, 배관자재는 내부 아연도금강관 또는 동관을 사용해야 한다. 이는 부식물의 축적을 방지하기 위함이다.

(11) 라지 드롭 스프링클러에 대한 NFPA와 FM간의 설계기준의 차이는,

(가) NFPA

- 헤드당 방출량: 55gpm
- 최소설계압력: 25psi
- Spacing: 80ft²/헤드 ~ 130ft²/헤드

(나) FM

- 최소설계압력 50psi, 최고압력 95psi
- Spacing : 최대 100ft²/헤드

3. 포소화설비에서

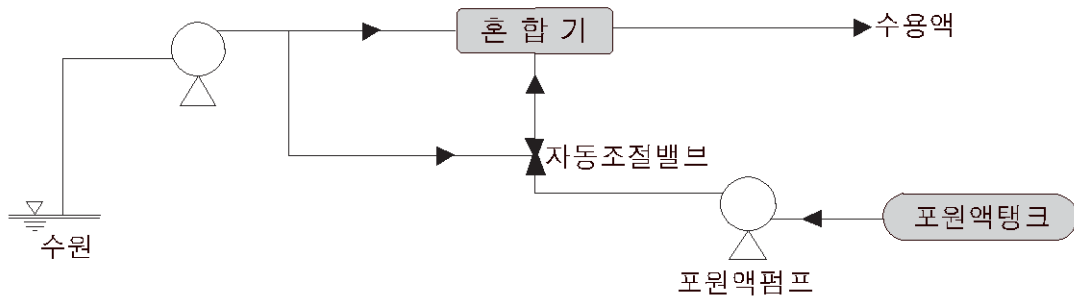
Pressure Side Proportioner

가. 개요

펌프의 토출관에 압입기를 설치하여 포소화약제 압입용 펌프로 포소화약제를 압입시켜 혼합하는 방식으로, 대규모의 혼합장치에 사용되며 압입기를 혼합기로 사용한 것이다.

물과 포약제를 각각 다른 펌프로 가압송수 및 송액하여 혼합기로 혼합시키는 방식이며, 방호 대상 설비의 규모가 큰 소화설비에 사용된다.

특징으로는, 압입원액량의 조절은 등압밸브에서 물과의 압력이 일정하게 되도록 조정하여 각각의 Orifice 면적에 따라 규정비율로 혼합한다. 장점으로는, 운전 후 재사용이 가능하고 소화용수가 포원액 탱크로의 역류현상이 없다. 단점은, 조정밸브 고장 시 혼합비율 맞추기가 어려우며 설비비용이 고가이다.



나. 특성

(1) 포원액의 가압을 위해 별도의 펌프를 사용하는 것으로 원액이 정확한 비율로 흐르는 수류 속으로 공급될 수 있다.

(2) 포원액 혼합의 신뢰성 있고 정확한 작동으로 물의 유량과 압력이 변하는 곳에서 제대로 기능한다. 다른 시스템은 이러한 변화에 대처 능력이 약하다.

(3) 자동혼합시스템으로 설계하여 다른 시스템과 같은 수동에 의한 주의를 하지 않아도 된다.

다. 종류

(1) 고정식 포펌프 시스템
(Foam Pump System)

(가) 포펌프로부터 공급하는 균형압력 혼합시스템으로 압력균형밸브를 이용하여 어떤 불필요한 포도 원액탱크로 되돌려 보낸다. 이 시스템은 펌프가 고정된 토출량으로 작동하기 때문에 필요하다.

(나) 이와 같은 Balancing은 수동 또는 자동으로 가능하다.

(다) 어떤 시스템은 Foam Relief Valve를 사용하여 불필요한 포를 바이패스시킨다.

▶ 장점

- 펌프의 압력은 넓은 범위로 다양하게 작동할 수 있으므로 산업용 포펌프로 적합하다.

- 포작업은 수리적으로 가능한 어떠한 호스나 물 공급 방출에도 가능하다.

- 복수의 In-Line Eductor가 필요없다.

▶ 단점

- 비교적 비용이 많이 든다.

- 수동 시스템에는 광범위한 훈련이 필요: 자동 Balancing 시스템도 가능

- 비교적 복잡하다.

(2) 수요부응 비례 혼합시스템

(On Demand Proportioning System)

(가) 산업용 시스템의 압력균형에 대한 단점을 제거하기 위해 개발된 것으로 수동 압력균형과 균형밸브를 이용한 재순환 필요성을 없앤 것이다.

(나) 포펌프가 고정된 속도로 작동되는 것이 아니고 수요에 따라 자동으로 균형이 되도록 운전된다. 즉, 변유량 시스템으로 펌프 구동부에 변속 시스템이 장착된 것이다.

(다) 수요에 맞추어 운전되는 시스템이므로 사용되지 않는 포의 원액탱크로의 재순환이 필요없다.

(라) 순간적인 수요에 맞추기 위해 충분한 포가 준비되어 있어야 한다.

▶ 장점

- 펌프의 압력을 넓은 범위로 다양하게 작동할 수 있으므로 산업용 포펌프로 적합하다.

- 복수의 In-Line Eductor가 필요없다.
- ▶ 단점
 - 모든 펌프에 적합하기에는 너무 비싸다.
 - 기계적 관점에서 너무 복잡하다. 따라서 작동불능 상태가 발생되기도 한다.

4. 발화점

가. 개요

(1) 발화라고 하는 현상은 기본적으로 미연소 상태에서 연소라고 하는 일종의 정상상태로 불연속적으로 전환하는 과도현상으로 화재성장 과정의 시작점이 된다.

따라서 발화는 항상 비정상적인 문제이며, 이와 같은 전이가 일어나기 위해서는 물질과 에너지에 관한 특정 조건이 만족되는 것이 필요하다. 보통, 이들을 발화의 한계조건이라고도 부르며 물질조건으로서는 연소한계, 에너지조건으로서는 발화온도나 발화에너지가 편리한 지표이다.

(2) 발화란 급속한 발열반응이 개시되어 다시 전파되므로 어떤 물질이 발화를 일으키고 대기보다 상당히 높은 온도를 만들어내는 과정이라고 정의된다. 예를 들면, 프로판/공기양론 혼합물에 대한 발화는 산화반응을 개시시켜 혼합물을 통해 화염이란 형태로 전파되며 전형적으로 2000~2500K의 온도 범위에서 탄화수소를 탄산가스와 수증기로 전환시킨다.

나. 발화의 한계조건

- (1) 물질조건: 연소한계
- (2) 에너지조건: 발화온도(발화점), 발화에너지

다. 발화형식의 구분

- (1) 인화(Piloted Ignition)

(2) 자연발화(Spontaneous Ignition)

라. 고체연료의 발화점

- (1) 인화: 250℃~450℃범위
- (2) 자연발화: 500℃이상

마. 액체의 발화

인화점과 연소점에 관계된다.

5. 화재시 치사의 주요원인인 CO, CO₂, H₂S, SO₂의 위험특성

가. 개요

건축물 실내화재에서 고분자 물질의 열분해에서 생성되는 가스 중 주된 유해물질은 일산화탄소이며, 이는 300℃ 이상의 열분해시에 발생된다. 연소과정 중에서도 환기부족 상태일 때 불완전 연소에 의해 CO가 많이 발생되며, 이로 인한 인체에 대한 손상의 확률은 다른 어떤 유해가스보다 크다고 하겠다. 그러나 이는 발생량에 기인한 것으로 인체에 대한 영향을 정확하게 논의하기 위해서는 유해가스 발생에 대한 정량적인 데이터를 필요로 하게 된다.

일반적인 인식에 의하면, 화재시 가장 다량으로 발생하는 것이 CO이며, 그 다음이 HCl, HCN, NH₃의 순인 것 같다. 이 중 열화수소는 합성수지계 물질에서 많이 발생되며, 다른 것은 천연고분자 물질에서 많이 발생하는 것 같다. 이들 생성물의 양은 환기상태, 즉 공기공급의 과부족 등 연소조건에 따라 크게 변동되나 연료의 형태나 첨가물의 유무와 종류에도 의존되므로, 화재시 유해가스로부터의 안전성 검토를 행할 때는 가능한 대상 상태와 가까운 조건의 실험에 의한 실측치를 이용하는 것이 가장 바람직하다고 할 수 있다.

나. CO의 유해작용

- (1) CO는 마취성 가스이다.
- (2) 모든 동물은 산소가 몸 안에서 O₂Hb(Oxy Hemoglobin)의 형태로 이송되어야 한다.
- (3) CO가 폐에 흡입되면 헤모글로빈(Hb)이 산소보다 CO와 결합하여 COHb (Carbo Hemoglobin)를 형성하여 산소의 결합을 방해한다.
- (4) COHb의 결합력은 O₂Hb의 결합력보다 210배 정도 강하여 COHb는 좀처럼 분리되지 않는다. 따라서 인체에서 산소결핍을 초래하여 산소의 혈중농도가 저하한다.
- (5) CO는 화재시 인간을 사망시키는 가장 주된 유해가스이다.

다. CO₂의 유해작용

- (1) CO₂ 자체는 CO처럼 인체에 대해 생화학적 영향을 줄 정도의 유독성이 있는 것은 아니다.
- (2) 그러나 화재 시 대량으로 발생함으로써 공기중의 산소 부족에 따른 질식효과로 사망에 이르게 한다.
- (3) 실제 화재에서는 CO₂ 농도 증가에 따라 호흡속도가 빨라짐으로써 함께 존재하는 유독성 가스의 흡입율이 증가하므로 위험은 가속화 된다.
- (4) 농도 9% 정도의 CO₂ 분위기에서 거의 모든 사람이 10분 이내에 무의식화 된다.
- (5) CO₂와 O₂에 의해 위험스러워질 시간에는 CO와 HCN의 영향은 치명적으로 된다.

라. 기타 자극성 가스(H₂S, SO₂, HCN, HCl)의 유해작용

- (1) 자극성 가스에 의한 무의식화 작용은 노출

기간 동안과 노출기간 후로 분명히 구분된다.

- (2) 노출기간 중 가장 중요한 형태의 무의식화는 감각기관의 자극으로 눈과 기도에 통증이 생기고 폐에도 영향을 미친다.
- (3) 아주 높은 농도의 자극성 가스의 존재가 아니면 HCN을 제외하고는 직접적으로 치명적이지는 않는다.
- (4) 폐까지 침투 시 2차적 영향으로 부종이나 염증 같은 급성 폐질환 자극반응이 일어나며, 호흡곤란이 생기고 노출 후 6~24시간 사이에 사망에 이른다.
- (5) 감각기관 자극의 영향은 축적량에 의존되지 않으며, 노출 후 즉시 발생되어 노출 지속 시 어느 정도 약화된다.
- (6) 호흡기 반응의 영향은 축적량에 의존되며, 허용한계치 이하에서는 영향이 경미하다.
- (7) 저농도 자극제의 영향은 인간의 이동속도에도 영향을 미친다. 눈의 자극영향과 기도도 방해가 결합되어 더욱 심각한 영향을 초래하며, 피난 시 자극성 연기를 통과하는 경우가 비자극성 연기를 통과하는 경우보다 훨씬 느리다. ☹

— 제공: 의제전기설비연구원
(☎ 2632-4541, Fax 2632-4549)
원장 정용기/전기·소방기술사
이창욱/가스·소방기술사