

IBC코드에 규정된 제연설비 기준 소개

글 | 이정란 협회 중앙지부 사원

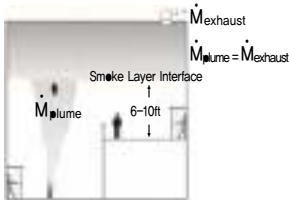
1. 머리말

최근 건축물의 초고층화, 심층화 및 복합화 추세에 따라 화재시 건축물 내의 인명안전 문제가 심각하게 대두되고 있다. 이러한 관점에서 화재 초기피난 및 소화활동 조건을 확보할 수 있는 방안으로 제연설비를 들 수 있다. 본 고에서는 미국의 47개주에서 적용하고 있는 IBC(International Building Code) 중 기존의 사양적 규정에서 성능적 규정이 많이 채택된 IBC 909에 인용된 제연설비 규정을 소개하고자 한다.

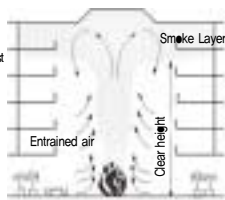
※ 2000년 3대 Building Code(Uniform Building Code, National Building Code, Southern Building Code) 제정기관이 공동 설립하여 만든 기관인 International Code Council(ICC)에서 International Building Code(I-Code)를 제정하였고, International Building Code의 경우 47개 주에서 채택하고 있다.

2. 설계방법

제연은 화재가 발생했을 경우 피난시간 동안 피난로에 피난환경 조성을 주 목표로 하며, 제연시스템은 설비적 접근과 건축적 접근 방식(Active and Passive)으로 구분된다. 설비적 제연 시스템은 가압, 배연, 기류 형성에 의한 방법이 있으며, 건축적 제연시스템은 방호공간을 방연벽으로 구획하고, 방연벽에 방연문과 방화담퍼를 설치하여 제연구역을 형성하거나 또는 제연구역을 조성하기 위해 건축물 공간의 높이와 형태를 활용하는 경우도 있다. 이러한 방식은 천장과 거주층 사이 공간의 높이가 클 경우 적용되는 방식이다.



[그림 1] 화재구역의 청정층 유지

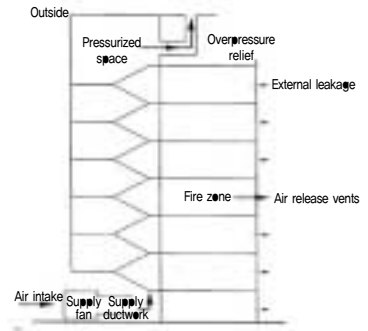


[그림 2] 아트리움의 연기층류

가. 가압법(Pressurization method)

가압법은 설비적 제연설비 기법의 하나로 주로 안전구역인 계단실 및 부속실 등의 화재 안전성을 확보하기 위

해 사용된다. 즉 안전구역에 화재실보다 높은 압력을 유지시켜 화재로 인한 연기 및 독성 가스의 유입을 억제하는 방법으로 연기를 제어하는 방법과 제연구역



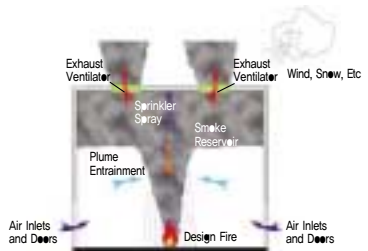
[그림 3] 전형적인 계단실 가압시스템 예

을 이용하여 화재가 발생한 지역의 밖으로 연기가 이동되지 않도록 화재의 발생 지역을 부압으로 유지하여 상호간의 압력차를 유지하는 방법이 있다.

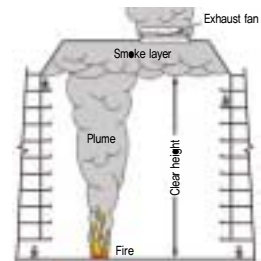
이같이 화재가 발생한 지역과 안전구역 사이의 최소차압은 스프링클러가 설치된 건물에서 12.4Pa이며, 스프링클러가 설치되지 않은 건물의 최소차압은 설계 화재에서 계산되어진 최소 차압의 두 배 이상이어야 한다.

나. 배출방식(Exhaust method)

배출방식은 가장 일반적인 제연방식으로 아트리움과 몰 등 바닥면적이 크고 개방된 공간에 적용된다.



배출방식은 거주자에게 영향을 주는 높이로 연기가 하강하여 거주할 수 없는 상태에 도달하는 것을 일정시간 동안 막



[그림 4] 배출방식 제연설비 예

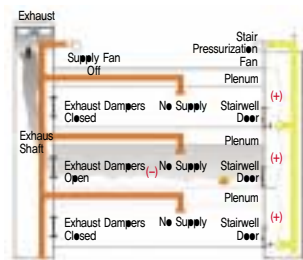
기 위해, 연기가 생성되는 속도보다 더 빨리 연기를 배출함으로써 피난 및 소화활동을 할 수 있는 청정층을 유지하는 방식이다. IBC에서 연기층은 연기구역 내 피난경

로의 바닥면에서 연기가 축적된 하부면까지 높이가 1.829m(6ft) 이상 유지하도록 규정하고 있으며, 설계화재의 배연량은 NFPA 92B에 기초한 계산방법을 인용하도록 규정하고 있다.

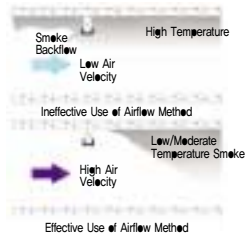
열방출량 데이터가 설계 화재 규모를 결정하기 위해 사용되며, 설계 화재에 대한 스프링클러의 효과 또한 하나의 요인이 될 수 있다. 설계화재를 선택할 때, 연돌효과, 화재온도효과, 바람의 영향, 공조시스템의 영향, 기후 및 작동유지시간 등이 고려되어야 한다. IBC코드에서 설비적 및 건축적 제연설비는 화재를 감지한 때로부터 20분 이상 또는 계산된 피난시간의 1.5배 기간 중 작은 기간 이상 동안 작동을 유지하도록 명문화했다.

다. 기류에 의한 방식(Airflow design method)

기류에 의한 방식은 잘 이용되지 않으며, 특별한 상황으로 보통 제한된다. 이 방법은 주로 가압법 또는 배연법과 결합되어 사용된다. 기류에 의한 방식은 제연구역 사이에 위치한, 변화하지 않고 고정된 개구부를 통해 연기의 유입을 방지



[그림 5] 계단실 가압 거실 배출식 제연설비



[그림 6] 기류에 의한 방식

하는 방식으로, 이것은 기류의 수평적 속도를 이용하여 방호구역으로 연기가 유입되는 것을 방지하는 방법이다.

공기의 속도는 설계 화재, 개구부의 높이, 연기의 온도에 기초하여 결정된다. 계산된 요구 속도는 개구부가 더 크거나 연기의 온도가 더 높을수록 증가할 것이나, 속도는 1.02m/s(200fpm)를 초과할 수 없다. 만약 초과한다면 기류에 의한 방식이 사용되어서는 안 된다.

3. 제연설비 규정 소개

가. 최소 차압

스프링클러가 설치된 건물의 경우는 12.4Pa 이상, 스프링클러가 설치되지 않은 건물의 제연 시스템은 설계화재에 의해 산출된 최고 차압의 2배 이상의 차압을 최소 차압으로 승인을 받아 설계할 수 있다.

나. 최대 차압

방연벽 간의 최대 차압은 문의 개방 또는 폐쇄력에 의해 결정된다. 즉 제연설비가 작동된 상태에서 출입문을 개방하는 데 걸리는 힘을 기준으로 한다. 출입문의 설치 조건 등에 따라 최고 차압이 정해지며, 계산식은 다음과 같다(한쪽 힌지 문과 스윙문 기준).

$$F = F_{dc} + K (WA\Delta P) / 2 (W-d)$$

여기서,

A= 문의 면적(m²), d=문의 래치 가장자리와 핸들사이 거리(m), F=t총 문의 개방력(N), F_{dc}=자동폐쇄장치의 폐쇄력에 대응하는 힘(N), K=1.0

W=문의 폭(m), ΔP=설계차압(mmH₂O).

다. 방연풍속(기류방식)

고정된 개구부를 통해 흐르는 최소 평균 기류 속도(방연풍속)는 다음 식에서 계산된 값 이상이어야 한다.

$$v = 119.9 [h (T_r - T_o) / T_r]^{1/2}$$

여기서,

h = 개구부 높이(m), T_r = 연기온도(K),

T_o = 주변공기온도(K)

v = 공기속도(m/s)

※ 개구부의 형상에 따른 난류효과(Turbulent Effects)로 인해 역류가 발생하지 않도록 주의해야 하고, 심한 화재 영향, 교란층류 등으로 공기량 또는 기류속도가 제연설비에 부작용이 발생할 경우에는 적용하지 않아야 한다. 어떤 경우에도 화재방향으로 진행되는 기류 속도가 1.02m/s를 초과해서는 안 된다. 상기 식에 따라 계산된

● 위험관리정보 - ② IBC코드에 규정된 제연설비 기준 소개

속도가 한계속도를 초과하는 경우에는 기류방식을 적용하지 않는다.

라. 배출량

소방관청의 인정 하에 아트리움, 몰 등 대형공간의 기계식 제연설비가 배출시스템으로 적용되는 것이 인정된다. 배출시스템에 의한 제연설비는 NFPA 92B를 적용하여 설계해야 한다.

- 열방출률 가정 : 분석은 인증된 자료를 적용하고, 연소성 재료에 대해 심한 가정(excessively stringent limitations)을 하지 않아야 한다.
- 예) 사무실 건물 : 284 kW/m²이고, 상가와 거주공간 : 567 kW/m²(분석장소 및 조건에 따라 열방출률 적용)

마. 방연벽의 허용 누설특새

방연벽의 허용 누설 특새의 각 부재별 허용비율은 각 부재의 누설면적/면적비율로 표시되며 그 비율은 다음과 같다.

1. 벽 : A/A_w = 0.00100
2. 피난구획 부분 : A/A_w = 0.00035
3. 그 외 샤프트 : A/A_w = 0.00150
4. 바닥 및 지붕 : A/A_f = 0.00050

여기서 :

A = 총 누설면적(ft²), A_f = 단위 바닥 및 지붕면적(ft²)

A_w = 단위 벽면적(ft²)

※ 기계식 제연설비의 경우에는 최소차압규정에 의해 결정되며, 건축적 제연시스템(Passive smoke-control systems)의 경우에는 인증된 도어 팬 시험 등을 이용할 수 있다.

바. 방연댐퍼

방연댐퍼의 UL 555S 시험방법에 의한 시험시 누설등급은 Class II 이상이고 상승 온도등급은 121℃ 이상이

여야 한다.

사. 덕트

덕트용 재료와 조인트는 배출용 팬의 노출예상온도와 압력에 견딜 수 있어야 하며, 덕트는 국가공인시험방법에 따라 최대 설계압력의 1.5배로 시험을 했을 때 누설량이 설계유량의 5%를 초과해서는 안 된다. 덕트는 견고하고 불연성 지지대를 이용하여 건물의 내화 구조체에 직접 지지하여야 한다.

※ 후렉시블 덕트의 경우(진동완화 목적)는 내화성능이 있는 것을 사용하여야 한다.

아. 예비전원

- (1) 제연설비는 2개 라인의 전원으로 공급되어야 하며, 기본적인 전원은 건물의 일반 전원이고 예비 전원은 ICC 전기코드에서 인정하는 예비 전원이어야 한다.
- (2) 예비 전원과 절환 스위치는 일반용 전원 변압기와 스위치기어와 분리되어야 하며, 외부로 직접 환기가 되는 1시간 이상의 내화도를 갖는 실에 설치하여야 한다.
- (3) 주 전원과 예비 전원은 별도로 분리 설치하여야 하며, 주 전원의 전원공급이 차단된 후 60초 이내에 예비 전원으로 전환되어야 한다.

자. 팬의 온도

배출용 팬 부품 등은 사용할 온도상승에 대해서 제조업체가 인증하고 승인한 제품이어야 하며, 온도상승은 다음의 식으로 계산한다.

※ T_s는 희석용 공기가 확실히 보장되는 경우 T_s 값은 낮을 수 있음.

$$T_s = (Q_c / mc) + (T_a)$$

여기에서,

c = 연기층 온도에서 연기의 임계온도(kJ/kg-K),



m = 배출율 (kg/s)

Q_c = 화재시 대류열(kW), T_a = 주변온도(K),

T_s = 연기온도(K)

4. 제연설계 문서화


제연설계에 적용된 방법을 문서화하는 것은 중요하다. 전통적인 규정의 요건들과는 달리, IBC는 제연요건을 충족시키기 위한 방법론을 제시하고 그와 같은 요건들을 충족시키기 위해서, 배출량을 계산하는 방정식에 값들을 대입하는 것을 넘어선 상세한 분석이 필요하다. 즉 건축도면뿐만 아니라 그 설계가 정당하다고 주장할 수 있는 상세한 공학적 분석 보고서를 요구한다.

- 제연방법 유형 선택 기준에 관한 사항 • 작동방법
- 제연설비 연동 시스템 • 굴뚝효과의 영향 분석 • 바람의 영향 분석 • 건축물에 설치된 공조설비와의 관계 • 외기온도 변화에 대비한 공기 유입구와 배출구 보호방법
- 배연벽 적용시 허용 누출량과 개구부 보호방법 • 공간의 특성, 잠재 연료 및 발화원 등을 고려한 설계 화재설정 기준 • 설계 화재 성장시 스프링클러설비 동작에 의한 영향 • 공기 유입구와 배출구 위치 • 제연설비와 연

동되는 다른 시스템 정지 시퀀스 • 시스템 검사 • 실험 보고서 • 시스템용 장비의 설치 위치 계획도 • 시스템용 장비의 유지 관리 절차 및 주기에 관한 지침서 등 다방면의 정보가 고려되어야 한다.

또한 보고서는 시스템 설계의 승인을 얻기 위해 문서로서 뿐만 아니라 소유주에 의해 빌딩 내에서 유지되기 위한 작동 가이드로서 역할을 해야 한다.

5. 맺음말

IBC 제연 규정은 성능을 기반으로 한 공학적 분석을 요구하고 있으며, 이러한 접근은 사양식 규정과는 달리 시스템이 실제로 예상되는 화재에 대응할 수 있는 설계에 접근할 수 있는 방법론을 제시하고 있다. 최근 건축물의 대형화 및 초고층화 증대로 기존의 사양적 코드에 의한 접근에는 한계가 있으며 이러한 한계를 극복하기 위한 방안으로 성능위주 기술 보급이 증대되고 있다는 것을 입증하고 있다. 

[참고자료]

1. The IBC Approach To Smoke Control System Design, Jennifer Sapochetti, P.E.
2. International Building Code 909(2006년)