建築火災時 避難對策에 관한 硏究

-高層建物의 制煙을 中心으로-

A Study on the Smoke Proof Measure of High Rise Buildings.

李 永 宰*
Lee, Young Jae
李 建 永**
Lee, Kun Young

Abstract

This study is to present the air pressurization system of staircase as a way to decrease the injury of human life which is suffocated by smoke when the fire break out in building.

1) The best among an air pressurization system of stairshaft is multiple air injection system established to be situated an air injection point in each layer.

2) If the air pressurization system is also applied to the elevator accessory room to use commonly, it can prevent from the smoke spreading and pollution inside building caused by stack effect of elevator shaft.

3) For the reasonable and safe escape and air pressurization system must be carried out from the project of basic shape of building under the close cooperation with architect and fire protection expert.

I. 序 論

A. 硏究의 背景과 目的

現代文明의 發達과 産業技術의 發展은 建築物의 高層化와 大型化를 가능케 하였다. 인간이 建築物을 축조하여 그 속에서 生活할 때 빼놓을 수 없는 것은 安全, 그 중에서도 防災일 것이다. 특히 火災는 인간의 실수에 의해 언제고 발생할 수 있는 것이어서 건축물의 火災에 대한 심각성이 더욱 큰 것이다.

統計에 의하면 우리나라의 出火件數에 대한 人命被害率은 先進諸國에 비해 매우 높은 편이며, 또한 화재발생시 死傷者의 대부분을 차지하는 것은 煙氣에 의한 窒息으로 나타나고 있다. 이러한 사실에도 불구하고 우리나라에서는 아직까지 화재시 건물내의 smoke control에 대한 연구가 거의 없으며 선진제국에 비해 建築法이나 消防法 자체도 크게 미흡한 실정이다. 따라서 本 硏究에서는 高層建物의 火災發生時 많은 인명피해를 가져오는 연기를 效果的으로 제어하기 위한 방법을 檢討하여 앞으로 高層建物의 계획시 防災 및 避難에 관한 基礎資料를 제시하고자 한다.

* 正會員, 仁荷大 大學院 博士課程
** 正會員, 仁荷大 建築工學科 敎授

B. 硏究의 範圍와 方法

建築物의 防災計劃에는 防煙·排煙에 대한 對策, 火災時의 安全을 고려한 구조계획, 火災에 대한 공격과 방어, 避難路(Escape Route)의 적정화, 화재의 조기발견을 포함한 정보계획등 여러 가지가 있다.

本 연구에서는 그 중에서 建築物의 火災發生時 防煙 및 排煙計劃에 대해서 중점적으로 考察하였으며 硏究方法은 다음과 같다.

1. 建築物 火災時의 性狀과 燃燒에 의해 발생하는 煙氣의 특성 및 火災時의 避難에 대해 文獻을 통해서 조사하였다.

2. 國內火災의 現況과 重要 火災에 대한 事例分析을 하였다.

3. 연기제어방식(Smoke Control System)의 한 방법으로써 階段加壓方法에 대해 상세히 考察하였다.

4. 給氣加壓方式을 설계할 때 필요로 하는 사항 등의 순으로 進行하였다.

Ⅱ. 一般的 考察

A. 建物의 火災性狀

1. 火災의 定義

火災란 害火(Enemy Fire)가 우리 인간에게 災殃을 가져다 주는 것을 말한다. 다시말해서 火災란 人命 및 財産에 피해를 주기 때문에 消火를 필요성이 있는 燃燒現像이라고 말할 수 있겠다.

2. 火災의 4段階[1]

a. 始燃段階(Incipient stage)

눈에 보이는 煙氣나 불꽃 혹은 심한 熱이 거의 없지만 많은 燃燒粒子를 발생한다. 化學的인 분해에 의해서 생긴 이러한 粒子는 重量과 質量을 가지고 있으나 너무 작아서 우리의 肉眼으로는 볼 수 없다.

b. 發煙段階(Smoldering Stage)

火災상태가 進展되어감에 따라 눈에 보이는 연소 입자량이 증가하는데 이것을 煙氣라고 말하며 아직까지는 불꽃이나 심한 熱이 발생하지 않는다.

c. 出焰 段階(Flame Stage)

火災상태가 더욱 進展되어감에 따라서 發火點(Ignition Point)이 생긴다. 이 段階에서는 불꽃에 대해 적외선 에너지가 발산된다. 일반적으로 눈에 보이는 연기의 양은 감소하나 보다 많은 熱이 발생된다.

d. 放熱段階(Heat Stage)

이 시점에서는 많은 열과 불꽃, 연기 그리고 유독가스 등이 발생한다.

3. 火災時의 Flash Over 現像

可燃性 物質의 燃燒에 의한 火焰이 天井 밑면을 따라 水平方向으로 확대되고 따라서 급속히 天井 전면에 火焰이 회오리치며 室內全體가 화염에 휩싸인 상태가 된다. 이와같은 현상을 F.O.(Flash Over) 라 부르며 溫度도 그 때는 〈그림1〉에서 B점 즉, 最高點 가까이 달한다. B점 이후는 室內에 火焰이 충만되고 모든 可燃性이 연소를 계속하여 드디어는 가연물이 대부분이 타버리고 火熱도 쇠약해지기 시작하며 溫度도 C점으로부터 D점으로 向해 서서히 하강한다. D점 이후는 다 타지 않은 큰 木材등의 숯더미가 바닥에 쌓이고 방치해 두면 그 부근에는 꽤 장시간 高溫이 계속되기 때문에 室溫도 200~300℃를 유지하며 계속되는 상태가 된다. 이상은 일반적인 室內火災의 進行狀況을 室溫의 시간적 變化의 모양으로 나타낸 것이며 O점부터 B점까지를 成長期, B점부터 C점까지를 最盛期, C점부터 그 이하를 減衰期라 부른다.

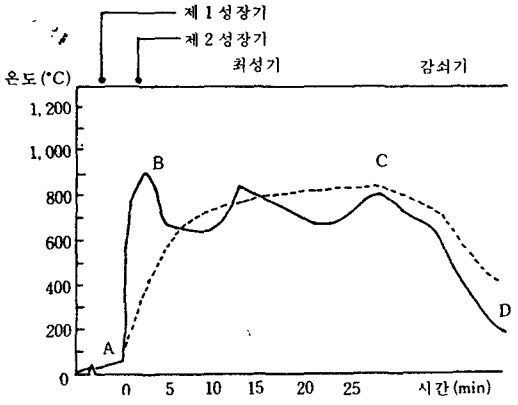

그림1. 時間－溫度 曲線

1) ASHRAE JOURNAL, 1976年 2月號, p. 26.

F.O.(Flash Over)현상이 일어나면 당연히 인간은 室內에서 生存할 수 없기 때문에 在室者는 그 이전에 室外로 脫出하지 않으면 안된다. 또 F.O.를 계기로 하여 격렬한 연소에 동반하는 煙氣(가스)가 室外로 大量 분출되고 그것이 건물 전체에 급속하게 流動, 充滿하는 위험이 있기 때문에 發火室 이외에도 그 부근에 있는 사람 또는 同一層에 있는 사람들은 可能한 이 時點전까지 계단이나 기타 피난시설을 통하여 안전한 장소까지 피난하여야 한다. 이 避難許容時間을 정하는 目標가 되는 점이 F.O.點의 가장 중요한 意義이고 이러한 의미에서 F.O.까지 시간(F O.T.)을 1초라도 길게 하는 對策이 필요하다.

B. 建物火災發生時의 避難特性

一般的으로 火災가 발생했을 때 人間(在室者)의 待避本能으로는 주로 다음과 같은 것들이 있다.[2]

첫째, 화재발생시 무의식중에도 인간은 평상시 사용하는 出入口나 通路를 사용하는 경향이 있는데 이를 歸巢本能이라고 한다.

둘째, 火災發生時는 검은 연기나 停電등으로 인하여 시야가 흐려지게되어 在室者는 가능한 開口部나 照明部 등의 밝은 곳을 향하게 되는데 이를 指光本能이라고 한다.

세째, 화재발생 초기에는 그 상황의 확인을 위하여 소수의 인원이 모여들지만 火熱이 확대되어 감에 따라서 火焰과 煙氣 등에 대한 공포감이 급증되어 發火의 반대방향으로 在室者가 이동하게 되는데 이를 退避本能이라고 한다.

네째, 不特定 多數의 人員이 모인 경우에 火災가 발생하면 최초에 행동을 개시한 사람을 따라서 전체가 움직임으로써 人命被害가 확대되는 경향이 있는데 이를 追從本能이라고 한다.

이 밖에 화재발생시에는 평상시에 想像하지 못할 정도의 초인적인 힘을 내는 본능, 그리고 가능한 넓은 공간을 찾아서 이동하다가 갑자기 위험성이 높아지면 意外로 좁은 장소 이를테면 목욕탕이나 화장실 등을 찾는 본능 등이 있다.

이상과 같은 인간의 避難行動特性을 고려하여 피난계획은 건물의 기본계획 즉, 平面計劃과 斷面(立面) 計劃에서부터 이루어져야 하며 다음과 같은 몇 가지 避難一般原則을 준수해야 한다.

첫째, 2方向 피난원칙을 따를 것

둘째, 원시적인 방법이지만 인간의 보행에 따르는 것을 第一로 할 것

세째, 피난경로는 간단하고 명료하게 할 것

네째, 피난설비는 出口, 복도, 계단, 발코니(balcony) 및 고정사다리 등의 피난 시설에 따라 안전하게 대피할 수 있도록 계획할 것

다섯째, 피난대책은 fool-proof(文字 보다 모양과 色을 사용하여 직감적으로 알아볼 수 있도록 하는 것)와 fail-safe(하나의 수단이 고장 등으로 실패하여도 다음의 수단에 의하여 구제할 수 있도록 고려 하는 것)의 원칙을 重視할 것.

여섯째, 피난경로에 따라 일정한 피난구역(zone)을 설정하고 안전한 피난장소까지 유도하기 위하여 각 조운(zone)의 安全性을 높여야 한다.

C. 建物火災時 煙氣의 特性

1. 燃燒經路와 panic 現像

建物의 室內에서 발생한 火災나 建物內의 각 부분으로 연소 · 확대되는 경로는 다음과 같은 경우가 있다.

첫째, 火災室(Fire Area)의 외측 窓으로부터 분출한 火焰이 上層이 窓을 깨뜨리고 內部로 연소하는 경우

둘째, 出火室의 出入口 등 벽의 틈새로부터 복도 또는 인접실을 지나 계단이나 Elevator Shaft로 상승하여 상층으로 연소하는 경우

세째, 空調用 덕트(duct) 類를 통하여 出火室로부터 各層으로 연소하는 경우 등이 있다.

室內가 F.O.(Flash Over)에 이르면 자연물의 급격한 연소로 인하여 大量의 가스가 방출되고 温度가 상승하게 된다. 따라서 연기는 열팽창되어 더욱 큰 壓力으로 확산된다.

火災時의 연기는 대피자에게 시각적인 장해와 의식불명, 窒息 등 생리적인 치명상을 주게할 뿐 아니라 극도의 Panic 현상(생명의 위협을 느끼는 狀況 즉, 공포현상)을 일으킨다. 心理學者들의 연구에 의하면 이러한 Panic현상이 일어나면 인간은

2) 尹明悟, 우리나라 건축화재의 측면에서 考察한 避難計劃에 관한 硏究, 서울대 석사학위 論文 1984, p. 10.

극히 원시적으로 변하여 싸움을 하거나 도망을 하며 구조용 헬리콥터를 부수려고 한다던지 무차별 인명의 殺傷을 하기도 한다고 밝히고 있다.

2. 煙氣의 濃度와 可視距離

建築物의 防災計劃을 위해 사용되는 煙氣濃度 표시방법은 感光係數(C_s)에 의한 것으로 다음과 같다.

$I = I_0 ecsL$(Lambert－Beer의 式에서)

$$C_s = \frac{I}{L} \text{Loge} \frac{I_0}{I} \ (M^{-1})$$

$$C = C_s V$$

여기서

L : 光源과 受光體 간의 거리(m)

I_0 : 無煙時 光의 強度(l_x)

I : 有煙時 光의 強度(l_x)

C_s : 減光係數(m^{-1})

V : 연기의 擴散용적(m^3)

C : 發煙量(m^2)

이렇게 정의된 減光係數는 피난유도등의 휘도대비에 의해 달라지나 일정한 비례관계가 성립한다. 일반적으로 C_s(Conecentration of Smoke)와 可視距離의 관계는 반비례하게 되므로 피난을 위한 誘導表示의 기준은 $C_s \times L$의 값으로 정하고 있는데 건물 내부에 익숙할 경우에는 연기의 농도가 0.3이하, 건물 내부에 익숙하지 못한 때에는 0.1이하가 되면 피난에는 지장이 없다고 한다.[3]

Ⅲ. 國內火災의 現況과 事例分析

A. 國內 火災現況 調査分析

國內에서 '81년도부터 '87년도말까지 발생한 最近 6년동안의 火災發生推移는 표1과 같이 나타나고 있다.[1]

표1에서 알 수 있는 바와 같이 '81년도부터 '87년도까지 火災發生件數는 年平均 9.7%의 增加率을 보이고 있다. '85년도에는 '84년도에 비해 4.9% 감소되었지만 그 밖에는 每年 증가되고 있는 실정이다. 人命被害와 財産被害는 '86년도에 비해 '87년도에 크게 증가하였음을 알 수 있다.

다음 표2는 '77년도부터 '87년도까지 國內의 失火와 放火의 增加趨勢를 나타낸 것이다.[2]

표2에서 알 수 있듯이 '87년도에 발생한 화재중 失火는 8,611건으로 全體火災의 84.9%, 防火는 775건으로 7.6%를 나타냈다. 그러나 '86년도 對比失火는 3.2%가 증가하였으나 放火는 22.9%의 높은 증가율은 보였고, '87년도 對比 失火증가율이 4.6%인데 防火증가율은 39.6%를 보여 防火로 인한 火災가 점차 증가되는 추세에 있다는 것을 알 수 있다.

한편 '87년도 火災發生 總 10,144건중 失火 8,611건은 電氣에 의한 것이 3,136건으로 가장 많았고 그 다음이 담배불에 의한 경우로 1,168건, 불장난에 의한 경우가 1,131건, 유류에 의한 경우가 737건, 난로에 의한 경우가 474건등의 순으로 나타났다. 또한 방화 775건의 火因을 보면 他意에 의한 것이 175건으로 가장 많았고 家庭不和關係에 의한 경우가 167건, 故意性이 있는 自意가 156건순으로

표1. 最近 6年間 國內 火災 發生 推移

區分 \ 年度	'81	'82	'83	'84	'85	'86	'87
發生件數 (件)	5,851	6,822	7,725	8,562	8,137	8,453	10,144
		+971(7.6)	+903(13.2)	+837(10.8)	−425(4.9)	+376(3.9)	+1,691(20.0)
人命被害 (名)	999	971	1,457	1,331	1,080	1,188	1,474
		−28(2.8)	+486(50.1)	−126(8.6)	−251(18.9)	+108(10.0)	+286(24.1)
財産被害 (百萬원)	13,247	13,153	12,843	13,844	15,409	11,374	14,781
		−94(0.7)	−310(2.4)	+1,001(7.8)	+1,565(11.3)	−4,035(26.2)	+3,407(29.9)

3) 吳昌熙, 특수 건축물 구조상의 화재 예방 대책(제1회 소방학술 세미나 1985), 1985, 11, p. 13.

1) 內務部 : '86 火災統計年報, 1987
內務部 : '87 火災統計年報, 1988

2) 내무부 '86 화재통계연보, 1987.
내무부, '87 화재통계연보, 1988.

표2 '77~'87 失火와 放火의 증가추세

火災別 \ 年度別	'77	'78	'79	'80	'81	'82	'83	'84	'85	'86	'87
失火件數(前年對比增減率)	4,753	4,998 (5.2)	5,111 (2.3)	4,732 (−7.4)	5,040 (6.5)	5,483 (8.8)	7,012 (27.9)	7,872 (12.3)	7,281 (−7.6)	7,511 (3.2)	8,611 (4.6)
放火件數(前年對比增減率)	165	133 (−19.4)	205 (54.0)	221 (7.8)	223 (0.9)	274 (22.9)	344 (25.5)	416 (20.9)	455 (9.4)	555 (22.0)	775 (39.6)

나타났다.

다음 표3은 '87년도와 '86년도의 火災 種類別 比率을 나타낸 것이다.[3]

표3. '87年度와 '86年度의 火災 類型別 件數(比率)

年度別 / 類型別	'87 發生件數(比率)	'86 發生件數(比率)
建物火災	7,769(76.6%)	6,677(79.0%)
車輛火災	1,178(11.6%)	817(9.7%)
船舶火災	57(0.6%)	69(0.8%)
其他火災	10,144(100.0%)	8,453(100.0%)

다음 표3을 보면 火災類型중에서 建物火災가 차지하는 비율이 매우 크다는 것을 알 수 있다.

B. 서울 대연각 호텔 화재 事例分析

1971年 12月 25日 午前 10時가 조금지나 서울 충무로에서 發生한 대연각 호텔 火災는 163名의 사망자와 63名의 부상자를 낸 今世紀 가장 비참한 火災中의 하나이다. NFPA(National Fire Protection Association)에 의해 발행된 보고서는 'L.P.G.(액화석유가스)가 충만되어 있었기 때문에 火災는 2層 커피숍과 호텔 로비를 지나 급속하게 번져갔으며 개방된 계단과 다른 수직통로는 建物속으로 유독가스와 熱氣 그리고 煙氣를 전파시켰다'라고 적고 있다.

1. 建物概要

21層과 地下로 이루어진 이 建物은 축조된 지 18個月이 되었고 ㄴ字 모양의 건물 正面인 南쪽面은 높이가 49m 東쪽西는 43m이다. 建物은 8인치(200mm) 콘크리트 블럭에 의해서 두개의 영역으로 나뉘어졌는데 西쪽面은2層에서 19層까지 事務室이고 東쪽面의 호텔은 5層에서 19層까지 223個의 客室로 되어 있다. 20層의 스카이라운지는 사무실과 호텔 양쪽 구역에 걸쳐 위치했다. 2層로비 근처에 2個의 階段이 있는데 하나는 호텔부분 全層을 감당하고 다른 하나는 建物의 事務室 부분 최상층(20층)을 제외한 나머지 전부를 담당한다. 2個의 로비는 유리문에 의해 분할되었다.

2. 火災狀況

午前 10時가 조금지나 火災가 發生했을 때 建物 안에는 約 200名의 호텔 손님과 70名의 호텔 종업원 그리고 約15名의 회사 사무원들이 있었다. 크리스마스 아침이었기 때문에 많은 호텔 손님들이 아직 취침중에 있거나 그제서야 일어나려고 하고 있었다. 火災는 호텔 로비 근처의 커피숍에서 발생했으며 L.P.G.(액화석유가스)가 충만되어 있었다. 그렇지만 正確하고 자세한 화재원인은 아직까지도 알려지지 않고 있다. L.P.G.용기(20kg)로 부터 漏出된 가스는 가운터 위에 있는 두개의 난로에 공급되었다. 火災가 發生한 아침에 여분의 L.P.G.용기(20kg)가 사용중인 L.P.G.용기 옆에 있었다. 조사가 完全한 것은 아니지만 여분의 L.P.G.용기가 內容物을 방출하는데 있어서 失敗했다는 의견(結論)이 있다. 불꽃 접촉 과정에서 L.P.G.용기의 연속적인 失敗로 火災의 원인이된 안전밸브의 열림이나 심한 누출은 순식간에 발화되었다. 여분의 L.P.G.용기 몸체는 후에 밑부분으로부터 분리되어 부서진 채로 발견되었다. 이 L.P.G.용기는 약 2m를 움직였고 그 爆發力은 카운터를 바깥으로 움직이게 했다. 3名의 女子 종업원이 커피숍에서 죽었다. 한 사람은 L.P.G.용기 근처의 카운터 뒤에 서 있었고 다른 두 사람은 西쪽 벽체를 向하여 앉아 있다가 그 자리에서 죽었다. L.P.G.용기로부터 카운터의 반대편에 서 있었던 한 호스티스는 그녀 身體 윗부분이 심하게 불에 탔다. 그때 로비나 커피숍에 손님은 없었다. 火災는 순식간에 커피숍을 뒤덮었고 가연성 內部 마감재 위로 로비를 통해 확산되었으며 호텔 계단 아래쪽으로의 피

3) 내무부, 87 화재통계연보, 1988.

난을 차단했다. 火災가 3層과 4層의 개방된 계단 위쪽으로 질주해감에 따라 煙氣와 유독가스는 건물에 가득찼다. 3層에서 冷暖房을 위한 덕트 샤프트(duct shaft)가 열려 있었는데 이러한 것들은 사무실과 호텔을 통해서 煙氣와 熱을 확산시켰다. 호텔 손님들은 연기의 냄새에 의해 일어났고 종업원들에 의해 불이 난 것을 알았다. 그들이 脫出하려고 했을 때 복도와 계단이 연기와 열고 가득차 있다는 것을 알았다.

3. 불(火)의 擴散

2層에서 發火한 火災는 순식간에 3層, 4層으로 번져 나갔다. 그 뒤 수직샤프트(Vertical Shaft)와 덕트에 의해 위로 전파되었으며 화재 초기에 목격자는 스카이라운지가 화염에 감싸였다는 것을 알았다. 그 뒤 火災는 4層에서 위쪽으로, 스카이라운지로부터 아래쪽으로 進行되어 갔다. 中間層은 午後까지 燃燒가 시작되지 않았다. 분명히 건물은 대부분의 지역에서 全燒한 뒤에도 구조적으로 안전하게 남아 있다. 기둥과 보, 그리고 바닥 슬라브의 겉표면에 약간의 깨진 조각이 생기었고 기둥 하나가 파손되었을 뿐이다.[4]

4. 調査結果 밝혀진 問題點

a. 階段室은 건물의 굴뚝효과(Stack Effect)를 억제할 수 있는 施設이 전혀 없었고 火災의 성장을 위한 통로가 되었다.

b. 可燃性 內裝材를 사용했다.

c. 消防設備가 未備하였다.

d. 엘리베이터 샤프트의 防·排煙 設備가 없었다.

e. 수직구획이 되어 있지 않았다(火災直後 곧 스카이라운지의 연소시작)

Ⅳ. 方·排煙을 爲한 給氣加壓方式의 考察

지난 1987년도 한 해 동안 우리나라에서는 화재로 인하여 1,474명이라는 아까운 人名被害를 초래하였다. 아직도 우리 기억에 생생한 1971년의 대연각호텔 火災事件은 이미 Ⅲ章의 國內火災 事例分析에서도 記述한 바와 같이 막대한 人命被害(사망163명, 부상63명)를 가져온 史上 유례없는 最大規模의 호텔 화재사건으로 NFPA(국제방화협회)는 보고하고 있다. 더욱이 人命被害의 주요 原因이 防煙 및 排煙設備의 미비로 인한 早期避難路遮斷의 실패, 다시말해서 建物의 垂直區劃이 제대로 되어있지 않은 것으로 밝혀져 煙氣制御(Smoke Control) 의 필요성은 더욱 심각하게 대두되었다. 이와같이 건물화재시 필수적으로 발생하는 연기를 어떻게 하면 效果的으로 제어하여 人命被害를 최소로 할 수 있는지에 대한 문제가 최근들어 많은 社會的인 관심을 불러 일으키고 있다.

A. 各種 煙氣制御 方式

消防法에서 언급하고 있는 배연설비는 火災發生時에 건물의 在室者가 안전하게 피난하도록 건물 내부를 防煙壁 등에 의하여 작은 구획으로 나누어 화재발생시의 연기를 그 區劃內에 체류시켜 그 부분에 연기를 배출하도록 하고 피난로 등 기타 부분으로서의 漏煙을 최대한 억제하여 初期피난 및 소화활동을 용이하게 하는 것이다. 煙氣의 제어방식에는 大別하여 自然排煙方式, 機械排煙方式, Smoke－Tower 排煙方式, 密閉防煙方式, 여기서는 防災先進國에서 많이 사용하고 있는 階段加壓方式에 대해 주로 記述하고자 한다.

1. 自然排煙方式

室의 上部에 설치된 窓이나 그 밖의 開口部에서 직접 屋外로 배출하는 방식으로 예비전원이 불필요하고 기구가 간단하다.

2. 機械排煙方式

기계의 힘에 의해 강제적으로 배연하는 것으로 給氣가 확보된다면 일정량의 연기를 확실하기 배출하는 것이 기대될 수 있는 방식이다.

3. Smoke－Tower 排煙方式

이 방식은 排煙 전용의 샤프트(Shaft)를 설치하고 暖房 등에 의한 건물 內外의 温度差나 火災에 의한 온도상승에 의해 생긴 浮力 및 그 頂部에 설

4) High－Rise Building Fires and Fire Safety, N.F.P.A. p. 31.

치한 Roof Monitor 등의 外風에 의한 흡인력을 通風力으로 하여 배연하는 방식으로서 고층빌딩에 적합하다.

4. 密閉防煙方式

이것은 火災室을 밀폐하여 건축물의 다른 부분으로 火煙의 漏出(leakage)을 방지하는 방식이다.

5. 階段加壓方式

이 방식은 防災 先進國에서 이미 오래전부터 많은 관심을 끌어왔으며 많은 실험과 연구가 진행되온 연기제어방법중의 하나이다. 이 방식은 계 단실이나 부속실 또는 복도 등이 화재발생시 연기로부터 오염되지 않도록 그 곳에 多量의 空氣를 注入하여 火災室(Fire Area)보다 높은 壓力을 유지하므로 煙氣의 漏出을 막는 것이다. 따라서 계단실에 의해 加壓方式을 적용한다면 화재발생시 在室者가 미처 건물 밖으로 피난하지 못하였다 하더라도 계단실 자체를 피난층의 성격 즉, 住居분위기적 성격을 갖게 하므로써 막대한 人命被害를 막을 수 있다. 또한 소방관의 出入이 용이하여 消火活動을 쉽게 할 수 있는 장점도 가지고 있다. 그러나 多量의 空氣가 공급되므로 잘못 시공하면 火災室의 火勢가 조장되고 窓門유리가 깨어져 인접건물이 延燒할 우려가 있으므로 계획시에 치밀한 검토가 先行되어야 할 것이다.

B. 各國의 階段加壓方式과 규제내용

1. 미국(New York City Building)

階段室 加壓方式이다. 火災層의 계단실은 12.5Pa (1.25mmAq)의 압력으로, 화재층 이외의 계단실은 최소 5Pa(0.5mmAq)의 압력으로 加壓한다. 계단실 문을 여는데 필요한 힘은 손잡이 위치에서 11.4kg이하이어야 한다.

2. 英國(British Standard's Institution)

계단실과 부속실을 가압하는 방식이다. 계단실 및 부속실은 건물높이에 따라 最大 50Pa(5mm Aq)까지 가압하며 부속실의 壓力은 계단실과 같거나 약간 낮게한다. 계단실이나 부속실에서의 배기규정은 없으며 거실로부터 건물의 外周로 空氣가 확실하게 적당량 배출되도록 排煙設備를 한다.

3. 캐나다(National Building Code of Canada)

全建物 또는 계단실과 엘리베이터 사프트를 가압하며, 피난통로나 복도등을 부분적으로 가압하는 방식을 채택하고 있다. 加壓値나 排氣에 대한 규정은 없으나 給氣量에 대해 규정하고 있다.

4. 日本(建築法規)

부속실의 給·排氣方式이다. 排氣量에 관한 규정은 없으나 給氣口의 크기는 1m²이상(비상용승강기 부속실과 겸용인 경우에는 1.5m²)이상으로 규정되어 있으며 배기량은 4m³/sec(비상용승강기 부속실과 겸용인 경우에는 6 m³/sec)로 規定되어 있다.

5. 韓國(建築法規 KSF 2815)

부속실 배기방식을 채택하고 있다. 建築法에는 배기량 등에 관한 규정이 없다. 단, KSF2815(한국공업규격, 배연설비검사표준)에서 특별피난계단의 부속실 또는 비상용승강기의 승강로비에 대한 배연설비 風量을 各層 모두 4m³/sec 이상으로 부속실과 승강로비 겸용시는 6m³/sec이상으로 規定하고 있다.

C. 各種 階段加壓方式의 特徵

계단가압방식은 계단에 공기를 注入하는 注入의 수에 따라 單數注入方式(Single Injection System)과 多數注入方式(Multiple Injection System)으로 나눌 수 있으며 前者 즉, 단수주입방식은 건물의 가압 위치에 따라 最上部 注入方式(Top Injection System)과 最下部 注入方式(Bottom Injection System) 으로 나눌 수 있다.[1] 最上部 注入方式은 연기가 가압 팬 입구를 통하여 계단 속으로 되돌아 갈 수 있다. 이와같은 실패유형은 最下部 注入方式에서 특히 일어나기 쉽다. 이러한 실패를 방지하기 위해서 일부 연기제어 설계자(Smoke Control Des-

1) John H. Klote & John W. Fothergill, Jr. Design of Smoke Control Systems for Buildings, 1983, p. 25.

giner) 들은 단수주입방식의 계단높이를 8~12층으로 제한하기도 한다.

Single Injection System의 한계를 극복하기 위해 사용될 수 있는 방법이 Multiple Injection System인데 여기에는 〈그림2〉와 같이 Ground Level에 설치된 팬으로 多數 注入하는 方式과 그림3과 같이 Roof Level에 설치된 팬으로 多數 注入하는 방식의 두 가지가 대표적인 방법이다.[2]

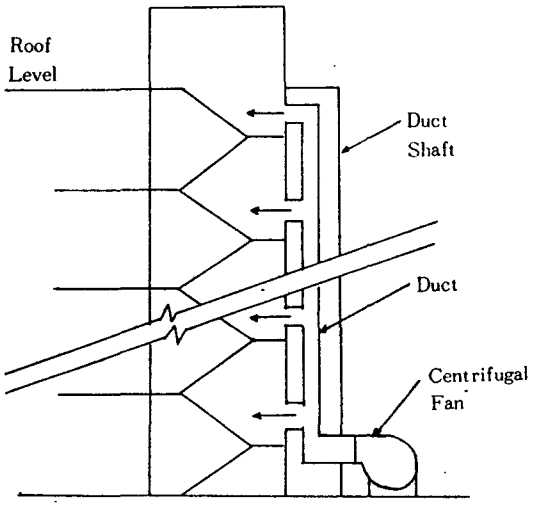

그림2. Ground Level 다수주입방식

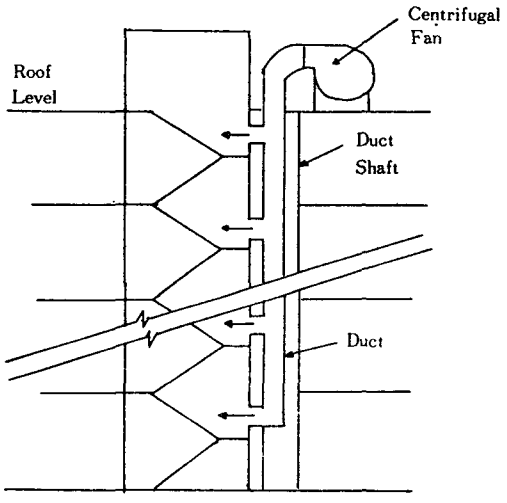

그림3. Roof Level 다수주입방식

그림2와 그림3에서와 같이 Pressurization Fan은 Ground Level, Roof Level 또는 이들 사이의 어느 위치에도 설치될 수 있다. 空氣注入口는 Exhaust Outlets, Smoke Outlets, Heat Vents, Elevator Shaft Vents, 또는 화재시 건물로부터 연기를 내보낼 수 있는 다른 開口部로부터 분리되어야 한다. 사실상 이때의 분리(seperation)는 가능한 공간적으로 크게 해야 되는데 더운 연기가 위로 올라가므로 공기주입구는 開口部가 위에 있는 것보다 아래에 설치하는 것이 바람직하다. 그런데 대부분의 Multiple Injection System은 空氣注入口가 各層에 위치하도록 설치되어왔다. 이러한 것은 몇 개의 열린 문을 통한 가압공기(Pressurization Air)가 손실되는 것을 막는데 있어서는 최고로 좋지만 얼마나 많은 Injection Point가 있어야 하는지 다시말해서 合理的인 Injection Point에 대해서는 設計者마다 약간의 의견차가 있다. 어떤 설계자들은 Injection Point가 3層이상 떨어지면 곤란하다고 하고 또 다른 설계자들은 8層 거리가 바람직하다고 주장하기도 한다.(G.T. Tamura氏는 5層 정도가 적당하다고 주장)

이 밖에 Multiple Injection System의 代案으로서 계단을 많은 section으로 구획화(compartmentation) 하는 방법이있는데 불행히도이 방법은 구획 사이의 門이 열려 있으면 구획화(compartmetation)의 효과가 없어지기 때문에 全面대피가 계단실을 통해서 계획된 많은 수용인원의 건물에서는 부적당하다. 그러므로 이 방식은 단계적 대피(Stayed Evacuation)방식이 계획되고 가압효과가 발휘될 수 있는 system일 때 초고층 건물에 적용될 수 있다.

ASHRAE(American Society of Heating, Refrgerating and Air-Conditioning Engineers Inc.) 회원중의 한 사람인 George T. Tamura는 "Experimental Studies on Pressurized Escape Routes"라는 그의 論文에서 가장 좋은 階段加壓方式은 單數注入方式(最上部 注入方式과 最下部 注入方式) 또는 계단을 많은 section으로 구획화(compartmentation)하는 방식이 아닌 多數注入方式(Multiple Injection System)이라고 주장했다.[3]

2) John J. Klote & John W. Fothergill, Jr. Design of Smoke Control System for Buildings. 1983. p. 26.

3) ASHRAE TRANSACTIONS, Vol. 80, PART 2, 1974, pp. 224~230.

D. 給氣加壓方式 設計時 요구사항

1. 필요한 급기량 계산

압력차와 급기량의 크기 및 공기누출면적(Air Leakage Area)은 다음과 같다.

$$Q = 0.827 \times A \times P^{\frac{1}{N}}$$

여기서 Q : 공간속의 급기량(m^3/sec)

A : 누출면적(m^2)

P : 압력차(N/M^2 또는 P_a)

N : 누출면적의 크기와 관련있는 상수 (대개 출입문은 2.0이고 창문은 1.6이다.)

2. 출입문과 창문의 유효누출면적

표4와 표5는 각각 出入門과 窓門의 몇 가지 형태에 있어서 누출면적(Leakage Area)에 대한 일반적인 값을 제시한 것이다.[4]

표4. 4가지 형태의 출입문에 대한 누출 면적

문 의 형 태	크 기	크 랙길이 (m)	누 출면적 (m^2)
가압된 공간안으로 열리는 사개(홈)로 물린 frame으로된 Single Leaf Door	높이 2m 폭 0.8m	5.6	0.01
가압된 공간밖으로 열리는 사개(홈)로 물린 frame으로된 Single Leaf Door	높이 2m 폭 0.8m	5.6	0.02
중앙사개가 없거나 있는 Double Leaf Door	높이 2m 폭 1.6m	9.2	0.03
Lift Landing Door	높이 2m 폭 2m	8	0.06

표5. 창문 형태에 대한 누출 면적

창문의 형태	크랙의 길이당 누출면적(m^2/m)
회전창	2.55×10^{-4}
비바람막이 회전창	3.61×10^{-5}
미서기(미닫이) 창	1.00×10^{-4}

V. 結 論

本 연구의 主要 研究結果는 다음과 같다.

특별피난계단의 부속실 그리고 비상용승강기의 승강장에 관한 現行 建築法 施行令의 排煙設備規定은 적어도 給氣量, 給氣方式 등의 給氣規定이 合理的으로 제시되어야 한다. 또한 우리나라에도 防災先進外國에서 시행하고 있는 것 처럼 建築物의 火災發生時 在室者의 安全한 避難과 보다 원활한 消防活動을 보장하기 위하여 계단실에만 국한함이 없이 계단샤프트 전체도 給氣加壓하는 방식을 採擇하는 것이 보다 바람직하다.

1) 계단샤프트(Stairwell shaft)의 給氣加壓方式 中에서 가장 좋은 것은 空氣注入口가 各層에 위치하도록 설치된 多數空氣注入方式(Multiple Air Injection System)으로써 이 방식은 몇 개의 열린 門을 통한 加壓空氣의 損失을 거의 막을 수 있으며, 이때 요구되는 注入地點(Injection Point)의 분배는 3個層이내로 하는 것이 가장 바람직 하지만 5個層 정도 까지는 가능할 것으로 판단된다.

2) 常用 Elevator 부속실에 給氣加壓方式을 적용함으로써 火災時 Stack Effect(굴뚝효과)에 의해서 Elevator Shaft전체가 煙氣로부터 汚染되는 현상을 방지할 수 있다. 이렇게 되면 화재발생시 常用엘리베이터가 유효적절하게 活用될 수 있어서 避難動線에 좀 더 多変性을 기할 수 있다.

3) 合理的이고 安全한 避難을 위해서 피난계획과 給氣加壓計劃은 建築專門家와 防災專門家의 相互 긴밀한 協調下에 건축물의 설계초기 즉, 基本造形計劃에서 부터 이루어져야 하며, 이를 위해서는 피난일반원칙과 在室者의 대피본능, 보행의 특성 등을 고려해야 한다.

4) 重要火災事例分析을 통해서 考察한 바와 같이 앞으로는 다음과 같은 防災對策이 이루어져야 한다.

① 계단샤프트와 엘리베이터 샤프트는 火災時 굴뚝작용(Stack Action)에 의해서 煙氣와 熱이 上層部로 擴散되는 것을 방지할 수 있는 수직방화구획이 이루어져야 한다.

② 內裝材의 완전 不燃化 또는 難燃의 적정화가 적극 추진되어야 한다.

③ 消防車가 화재현장에 원활하게 出入할 수 있는 消防上 필요한 도로공간이 충분하게 확보되어야 한다.

④ 自體防火管理 및 종업원에 대한 보다 실질적인 消防訓練이 이루어져야 한다.

4) E.G. Butcher, Smoke Control in Fire Safety Design, 1979, pp. 145~147.

⑤ 主要 建築物의 防災設計 및 監理는 防火專門家의 參與에 의해 專門化 되어야 한다.

參 考 文 獻

1) 韓國火災保險協會 : 防災技術硏究 第1輯～第19輯
2) 內務部 : '87 火災統計年報, 1988
3) 內務部 : '86 火災統計年報, 1987
4) 尹明悟 : 우리나라 建築火災의 側面에서 考察한 避難計劃에 關한 硏究, 서울대 석사학위 논문, 1984.
5) 韓國消防安全協會 : 重要火災事例集, 1986.
6) 南信祐 : 防災 및 建築施設 핸드북, 大光書林, 1981.
7) N.F.P.A. : Fire Protection Handbook, 1976.
8) E.G. Butcher & A.C. Parnell : Smoke Control in Fire Safety Design
9) ASHRAE TRANSACTIONS, Volume 80
10) ASHRAE JOURNAL August 1973 & February 1976.
11) N.F.P.A. : Fire In High－Rise Buildings
12) ASHRAE : ASHEAE HANDBOOK 1985 FUNDAMENTALS
13) John H. Klote & John W. Fothergill, Jr. : Design of Smoke Control System for Buildings, 1983.
14) 日本建築センター : 排煙設備技術基準, 1978.
15) 日本火災學會 : 災害時の 心理と 行動, 1973.

(接受 : 1989. 12. 15)