

고층 사무소건축의 화재안전에 관한 건축계획적 연구

A Study on the Fire Safety of High-rise Office Buildings in Respect of Architectural Design

이 강 훈*
Lee, Kang-Hoon

Abstract

The purpose of this paper is to present reference data to be considered in designing for the fire safety of high-rise office buildings. This paper deals with the characteristics of high-rise office buildings in the fire safety aspects, the basic principles for the fire safety of high-rise office building design, and this study is focused particularly on the location of the escape route of core plan for fire safety in high-rise office buildings.

Key Word : High-rise Office Building
Fire Safety
Escape Route
Core Plan

1. 서 론

최근의 현대적인 고층 사무소건축은 코스트, 용도배치의 융통성 등에 있어서는 다소 유리한 점이 있지만, 철근콘크리트조와 조적조로 이루어진 래식 고층건물에서는 볼 수 없는 화재안전에 대한 여러가지 문제점을 제기하고 있다. 예를들면 현대적 고층건물의 특징인 개방평면, 이동간막이벽, 커튼월, 전면유리벽, 횡장창, 지하공간, 아트리움 공간 등의 새로운 건축공간형태들은 모두 화재시 화연의 확산을 조장하는 요인으로 작용하고 있으며, 각종 현대적 설비에 의해 과밀화된 전선망과 각종 닥트 및 샤프트 또한 화재의 연소확대를 촉

진시키는 역할을 한다. 그리고 에너지 절약과 공조설비의 효율을 증대시키기 위한 고정장에 의한 밀폐구조는 화재시 건물내의 내장재, 플라스틱 가구류 등에서 발생하는 연기 및 유독개스에 의한 질식사 또는 중독사를 더욱 조장하는 요인이 되고 있다.[46]

건축물의 화재안전계획은 건축공간구성과 설비, 그 운영과 유지관리 등의 제 요소로부터 이루어지는 종합적인 계획이어야 한다. 즉 화재안전계획은 건축물을 구성하는 재료와 공법, 공간의 구성, 설비 및 건축물을 사용하는 인간 등의 제 요소와 화재발생방지, 확대방지, 방연 및 피난 등의 화재안전에 대한 목표와의 적절한 조합에 의해 이루어진다고 할 수 있다.[26](그림1 참조)

건축물의 화재안전계획에 필요한 지식은 화재

1994년 6월 10일 접수, 8월 25일受理

* 경남대학교 건축공학과

이강훈

성상에 대한 이해와 화재시의 여러가지 상황에서 인간이 어떻게 행동하는가에 대한 이해라고 할 수 있다. 그러나 가장 기본이 되는 이 분야의 연구가 아직 미흡한 실정이며, 특히 화재시의 인간행동에 대한 연구는 Wood(1972)의 연구로 시작되어 현재 많은 관심과 노력이 증대되고 있지만 매우 미약한 상태이며 아직 초보적인 단계에 있다고 볼 수 있다.

피난행동에 대한 연구 중에서 가장 먼저 시작된 것으로 군집유동에 관한 연구가 있으며[1, 30], 이러한 연구는 일상의 군집유동이나 피난훈련을 관찰, 측정하는 것에 의해 군집유동의 성상을 밝히려는 것이다. 이러한 연구의 의해 계단과 통로에서 군집의 일방향(一方向) 유도에 관해서는 많은 것이 밝혀져서, 이 결과를 이용한 피난계산법에 의한 설계에 의해 군집피난에 따른 재해의 발생이 어느 정도 방지되었다고 할 수 있다. 그러나 이러한 연구는 일상시의 군집유동과 피난훈련시의 군집유동을 관찰, 조사한 것이기 때문에 이것을 피난시의 예측에 이용하는 것이 타당한가에 대한 논의가 있다.

피난행동시의 심리적 영향에 대해서 가장 문제가 되고 있는 것은 패닉(panic)에 의한 군집혼란이며, 이에 대해서는 심리학 분야에서 연구되고 있지만 패닉의 발생기구는 아직 충분히 밝혀지고 있지 않다[2]. 한편 이 패닉의 개념은 화재시 인간행동의 요인으로 보는 것에 의문이 있다고 하는 견해가 최근 대두되고 있다[31, 32]. 최근에는 화재시 인간행동을 모의할 수 있는 객관적인 모델의 개발과 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 피난행동을 예측하고자 하는 연구가 진행되고 있다[33].

화재성상 및 제어에 관한 연구로는 연기의 이동에 관한 연구[34, 35], 연기에 의한 시각적, 심리적 영향에 관한 연구[3, 4] 및 보행속도에 관한 연구 등이 있으며[5], 특히 고층건축에 관련된 것으로는 계단에 의한 피난시간의 소요에 관한 연구[36], 피난로 가압방법에 의한 연기제어에 관한 연구[37], 피난에 이용할 수 있는 엘리베이터의 개발에 관한 연구[38, 39] 및 건물내 안전한 대피 장소에 대한 연구가 진행되고 있다[40, 41].

이 연구에서는 군집유동에 근거를 두고 있는 피

난시간에 의한 피난시설의 용량산정 또는 방재설비에 의한 화재안전대책이 보다는 피난행동에 대응하는 공간구성 특히 피난로의 화재안전성을 확보할 수 있는 건축공간계획에 중점을 두고 탐구한다.

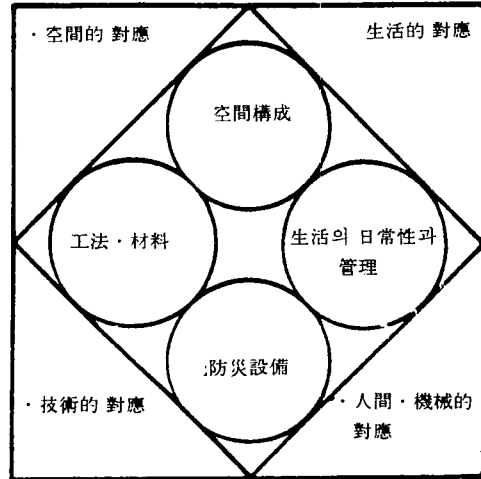


그림 1. 화재안전성의實現과 建築計劃의 어프로우치

이 연구의 목적은 현대적 고층 사무소건축의 화재안전 설계계획시 고려하여야할 참고자료를 제시하는데 있으며, 연구방법은 기존의 연구논문과 보고서 등 주로 문헌, 자료의 조사, 분석을 통해 고찰한다. 주요 내용은 현대적 고층 사무소건축의 화재안전상의 특성 및 화재안전계획의 기본방침 모색, 그리고 화재에 안전한 공간구성을 위해 특히 고층 사무소건축의 코아유형과 피난로의 배치 방법에 대한 것을 포함하고 있다.

2. 고층건축의 화재안전상의 특성

고층건축물은 화재안전의 관점에서 불때 저층 건축물과는 매우 다른 양상을 나타내며 더우기 현대적인 고층건축물은 서론에서 언급한 바와같이 기존의 재래식 고층건축물(주로 R, C조와 조적조로 이루어진 것)과는 다른 구조방식, 건축재료, 공간형태, 화샤드디자인(facade design) 등으로 인하여 화재안전상 여러가지 새로운 문제점을 제기

하고 있다.

여기서는 특히 공간형태의 유형에 따른 화재안전상의 특성에 대해 고찰한다.

건물의 공간형태는 소공간(개실)이 복도에 연결되는 형태, 예를들면 아파트, 병실, 호텔의 객실, 재래식 사무실 등의 공간형태와, 복도와 같은 공간이 거의 없고 거실에서 계단, 엘리베이터홀 등으로 직접 통하는 공간형태, 예를들면 극장, 영화관, 백화점, 집회장, 현대식 사무실(open plan office) 등의 공간으로 크게 두가지로 구분할 수 있다. 현대사회의 다양한 기능을 수용하기 위해 나타나게 된 최근에 복합용도 건물은 상기의 두가지 형태의 공간이 혼재하고 있다. 또한 화재안전상 별도로 분류하여 고려되어야 할 공간 형태로서 고층건축의 지하공간과 아트리움공간을 들 수 있다.

2.1 개방평면의 화재안전상 특성

北後明彦은[12] 화재사례의 분석을 통해 “대공간 집합시설형”의 건축물에서는 거실내의 사람이 집단이 되어 피난하는 “군집피난형”이 되기 쉬우며 “소공간 숙박시설형”과 “혼합공간 복합시설형”에서는 거실에서 복도, 복도에서 계단이라고 하는 순서로 피난이 전개되지만 피난자가 각 거실에 분산되어 있으며 각 거실의 독립성이 높기 때문에 화재탐지가 늦은 방에서는 화재에 간히기 쉬운 “도피지연형”이 되기 쉽다고 지적하고 있다. 그러므로 군집에 의한 혼란을 적게 하도록 하는 것을 제일의 목적으로 하는 피난계산의 수법을 “대공간 집합시설형”의 건축물에 적용하는 것은 타당하지만 그 외의 “소공간 숙박시설형”과 “혼합공간 복합시설형”의 건축물에서는 군집피난대책보다는 오히려 도피가 늦어진 재실자에게 피난공간을 제공하는 계획을 중시할 필요가 있다는 주장하고 있다. 고층건물은 재실자 전원이 피난하는데 불합리하게 많은 시간이 소요되기 때문에[36] 재실자의 안전을 위한 계획은 건물 외부로의 피난과 건물 내부에 미리 설정된 안전한 대피지역으로의 이동하는 방법 모두가 고려되어야 할 것이다. 재래식 고층건물에서는 사무실이 소공간으로 구축되어 있으므로 이것이 가능하지만 현대적 고층건물은 대부분 일개층 전부가 하나의 공간으로 이루어진

개방평면으로 계단실 등 코아부분을 제외하고는 전혀 구축되지 않은 공간구성이므로 매우 어려운 실정이며 이러한 건물에서는 화재의 진행상태 또한 육안으로 식별되므로 이에따른 패닉을 방지하기 위해서 피난로는 잘 배치되어야 하며 지정된 층에 있는 대피지역과 연결되어야 하며 내부의 통신시스템과도 연결되어 있어야 한다. 그리고 사무소 공간이용의 이러한 현대식 방법은 실질적으로 화재의 신속한 전파위험을 조장할 뿐만 아니라 화염이 외벽을 타고 상층으로 연소하는데 공동으로 기여한다.

고층 사무소건축에서 보편적으로 사용되고 있는 코아형 평면은 공통부분의 집약화와 거실부분과의 구분에는 도움이 되지만 한편 임대면적비율(rentable ratios)과 공간 분할사용의 자유도 향상에 중점을 두기 때문에, 사용자에게 의해 임의로 간막이가 구성될 경우 거실내의 피난동선이 매우 불명확하게 되기 쉬우며 또한 계단의 위치도 파악하기 어렵게 된다. 특히 중앙코아형 평면(central core plan)은 2개의 계단이 매우 근접하여 배치될 경우, 피난동선이 중앙으로 집중될 우려가 매우 높기 때문에 2개의 계단이 동시에 火煙에 오염될 위험성이 높으며 또한 2방향 피난이 불가능하게 되기 쉽다.

2.2 지하공간의 화재안전상 특성

지하공간의 가장 큰 특징은 일반적으로 창이 없다는 것이다. 창은 그 기능과 용도상 화재성상, 피난, 구조, 소화활동 등과 많은 상관관계를 가지고 있다.

일반적으로 화재는 공기의 도움으로 연소와 연기의 생성이 촉진된다는 점에서 창이 없는 경우 화재 억제에 유리하다고 볼 수 있으나 실제적으로는 창문 등의 개구부로 부터 공기의 유입이 없어도 내부공기만으로 화재초기의 피난에 결정적 영향을 줄 정도로 화재가 성장 확대되는 경우가 많다.

연기의 건물내 이동성상은 일반적으로 건물내의 온도차, 바람, 공기조절장치 및 창문 등의 개구부 조건에 영향을 받는다. 따라서 지하공간에서의 연기유동은 공기조절장치를 제외하고는 외적요소

의 영향이 적으며 폐쇄공간의 자연대류라고 말할 수 있는 성상을 보여주고 있다. 지하공간의 평상시 기류는 지상으로 연결된 구조로 부터 외기풍의 영향을 받기도 하고 지하공간에 연결되어 있는 고층건물의 굴뚝효과 또는 지하철의 바람 등에 영향을 받기도 한다. 지하공간에서의 연기이동은 이러한 평상시의 기류에 화재지역에서 발생한 부력을 구동력으로 하여 상승되는 현상이 나타난다[21].

화재안전상 지하공간의 특성은 다음과 같다 [22].

1) 피난에 필요한 밝기와 빛을 인공조명에 의존할 수 밖에 없기 때문에 정전 시 완전한 암흑세계가 되며 정전이 아니라도 천정의 조명은 연기의 두께에 의해 빛이 차단되어 그 기능을 상실하게 되는 경우가 있다. 그 결과 사람들은 방향감각을 잃을뿐 만 아니라 심리적인 동요도 심하게 된다.

2) 창문이 없기 때문에 외부로부터의 구조, 소화 및 외부탈출을 기대할 수 없다.

3) 지상으로의 피난은 계단 등 수직경로를 이용하여야 하는데 이곳은 비교적 화재 초기에 연기로 오염될 위험성이 높다.

4) 지하공간에는 점포, 음식점 등이 많이 위치하고, 이러한 용도는 화기사용 및 가연성 제품이 다량으로 존재하고 있으므로 화재위험 요인과 연소위험성이 높다.

5) 화재시 발생하는 연기나 열기가 체류하기 쉽고 이로인해 소화, 구조 및 피난활동 등이 곤란하게 되고 특정공간의 경우 공기량이 부족하여 연기의 발생량이 증가하고 유독개스가 축만하여 질식으로 인한 인명피해가 예상된다.

6) 지하공간은 불특정다수인이 사용하는 곳으로 사용자의 층이 넓고 더우기 지하공간의 내부구조에 익숙하지 못하여 화재시 대부분의 사람이 공포심을 갖기 쉽기때문에 피난에 혼란을 초래하기 쉽다.

2.3 atrium공간의 화재안전상 특성

여기서는 atrium 공간을 화재안전의 관점에서 평가하고 있기때문에 형태상 건축물 내부를 수직으로 관통하는 대규모의 보이드공간, 즉 중정식 atrium에 중점을 두고 고찰한다.

atrium 공간을 이와같이 물리적인 건축공간으로서 파악하면 크게 2개의 종류로 분류 할 수 있다. 즉 하나는 대향하고 있는 건축물 사이의 공간에 또는 중정에 지붕을 설치하여 옥외공간을 내부에 가두어 넣고 건축물군을 일체화시킨 형태의 것과, 다른 하나는 원래 대규모인 건축물의 내부에 활동공간을 제거하여 어느 층에도 미치는 보이드 공간을 설치한 것이다.

화재안전의 측면에서 이와같은 공간형태를 갖추면 양자 모두 atrium 공간에 인접하는 거실의 내부에서 발생한 화재에 의해 atrium 공간으로 분출하는 火煙에 의한 화재확대의 문제와, 역으로 atrium 공간에서 발생한 화재가 atrium 공간을 둘러싼 거실로 일시에 확대하는 문제 등이 방화설계상의 중요한 과제로 대두된다. 즉 atrium 공간이 화재확대의 경로가 되는 것이며 이것은 방화설계의 중요한 이념인 화재확대의 국한화(compartmentation)에 위배되는 중대한 문제를 야기하게 된다.

atrium 공간의 화재안전상 특성을 구체적으로 살펴보면 다음과 같다[23, 24, 25, 53, 54].

1) atrium 공간은 상하를 관통하는 큰 개구부, 즉 분할되지 않은 보이드공간으로 구성되어 있기 때문에, 대규모의 atrium 바닥에서 발생한 화재는 외부에 가까운 화재환경조건이 되어 연소형태가 “환기지배형연소”에서 “연료지배형연소”에 가깝게 되어 화재가 급속히 성장하고 확대될 위험성이 크다.

2) 화재시 굴뚝효과에 의해 atrium 하층부에서는 연기를 atrium으로 끌어드리기 쉽고 상층부에서는 atrium 내의 연기를 인접공간으로 확산시키기 때문에, 방화구획 설정이나 연기제어시스템이 적절치 못하면 건물 전체가 연기에 오염되기 쉽다.

3) 다른 공간의 화재발생정보가 개방된 atrium 공간을 통하여 시각 등에 의해 신속하게 다수의 층에서 탐지되기 때문에 재실자 전원이 동시에 피난하게 됨에 따라 계단실이 예상외로 혼잡하여 2차 재해를 일으킬 잠재적 위험을 갖고 있다.

4) 화재시 인간은 친숙한 경로를 택해 피난하려고 하는 행동패턴이 강하기 때문에 atrium 내의

안전하지 않은 경로를 통해서 피난할 위험성이 존재한다.

5) 아트리움의 천정이 매우 높을 경우 통상의 자동화재탐지설비나 스프링클러설비 등이 충분히 그 기능을 발휘하지 못한다.

6) 이상의 결과로 인해 소방활동상 다음과 같은 문제점이 발생한다.

- 가) 다수의 재실자가 동시에 피난하게 되면 소방대의 진입경로와 중복될 우려가 있다.
- 나) 연기가 층만하게 되면 발화지점의 발견이 어렵다.
- 다) 다수의 층에서 동시에 소화활동을 개시하여야 한다.
- 라) 화재의 확대규모가 급격하여 연소저지해야 할 장소가 광범위하게 되고 또한 그 설정이 어렵다. 따라서 소화활동의 제약과 장애가 증가한다.
- 마) 층만된 연기때문에 피난이 지연된 사람들의 수색과 구출이 곤란하다.
- 바) 지붕과 벽면의 유리가 파괴되어 낙하할 경우 2차 재해도 예상되며 소방활동상에도 장애가 된다.

7) 상기와같은 여러가지 문제점이 있는 반면 화재 초기에는 발화장소나 화재상황의 확인이 개방된 아트리움을 통하여 시각적으로 용이하게 발견되므로 대피 등의 행동을 적절히 취하기 쉽다는 장점이 있다. 또한 공기유동을 완전히 제어하도록 설계된 대규모의 아트리움용적은 거주지역으로부터 연기를 모으고, 희석시키고, 제거하는 것을 돕는 역할을 한다. 그리고 건물내의 수직교통수단을 어디에 배치하느냐에 따라 소방대원원 접근성을 개선시킬 수 있으며, 어떤 상황에서는 피난의 안전성을 높일 수 있다.

3. 화재안전계획의 기본방침

고층건축도 다른 일반건축과 같이 건축관계법령에 의해 화재안전대책의 규제를 받지만 법규는 안전을 위한 최저기준이라는 것을 고려할 때 초고층건축과 같이 특히 대규모적인 것에 대하여는 단지 법규의 규정만으로는 충분히 만족되지 못하는

경우도 있다. 따라서 실제 이러한 필요성에 대응하기 위해서는 지금까지의 화재안전에 대한 연구 결과를 기초로 하여 화재안전계획의 기본방침을 고려하는 것이 바람직하다.

이러한 기본방침에서는 되도록이면 구체적인 기준치를 표시하는 것을 피해야 하며 획일적인 기준에 따르는 것은 오히려 중요한 문제점을 불명확하게 처리할 위험성을 내포하고 있기 때문에 고층건축에서는 기본적인 설계에 있어서 될 수 있는 대로 그 건물 고유의 조건에 맞추어 설계자의 적절한 판단에 의하여 화재안전계획상 유효한 설계를 하여야 할 것이다.

화재안전계획은 건축(이용자 및 건물)의 안전을 목적으로 하고 재해발생 및 확대를 방지하는 계획이다. 여기서 안전이라고 하는것은 인명을 지키는 것을 제일로 하는 것이다[17].

화재안전계획은 화재발생을 방지하는 것이 가장 바람직하지만 절대안전이란 기대하기 어렵다. 계획단계에서 고려되지 않은 원인이나 사고에 의해 재해가 발생하는 경우도 있다. 또한 인간의 실수나 설비의 작동실패 등에 의해 사전에 고려한 화재도 확률적으로 일어날 수 있다. 이와같은 재해에 대처하는 화재안전계획의 기본적인 사고는 "fail safe"와 "fool proof"이다. 전자는 어떠한 사고가 일어나도 큰 재해에 이르지 않도록 각종의 재해상황에 대처할 수 있는 기본적인 대책과 다음 단계대책 혹은 대체대책 등을 사전에 미리 준비해두는 것이다. 후자는 비상사태가 되어도 소정의 대응이 실수없이 가능하도록 배려한 대책 즉 단순, 명쾌하여 관계자가 실수없이 대응할 수 있는 조치이다.

건축물의 화재안전대책에서는 "fail safe" 즉 고장이 나더라도 큰 재해에 이르지 않는다고 하는 것보다는 오히려 "fool proof"를 강조하는 것이 바람직하다는 의견이 강하다. 즉 필요이상으로 복잡한 장치에 의지하는 것보다는 단순하고 신뢰성이 높은 것에 중점을 두어 원래 고장이 생기지 않게 한다는 것에 역점을 두는 것이 경비절감에도 연결되어 바람직하다.

화재안전대책은 화재성장의 각 단계에서 유해한 화염과 연기 등의 "원인"과 사람이나 재산이라

고 하는 보호의 “대상”에 관계되는 일이 생기지 않으면 문제가 되는 상황에 이르지 않는다. 따라서 첫째 “원인”에 대한 대책, 둘째 “원인”과 “대상”을 나누는 대책, 셋째 “대상”에 대한 대책으로 분류할 수 있다. 화염과 연기 그 자체에 대처하는 적극대책(active system)은 상기의 첫째대책에 해당되며 소화설비, 화재감지기 등을 들 수 있다. 한편 화염과 연기의 억제에 소극적이며 오히려 그것을 봉쇄한다고 하는 수동대책(passive system)은 둘째 및 셋째대책에 해당되는 것으로 방화구획, 피난시설 등을 들 수 있다.

재해에는 여러가지 측면과 단계가 있으며 그 양상도 건물에 따라 다양하다. 따라서 각종대책을 개별적으로 다루어서는 화재안전의 효과를 얻기 어렵다. 각종대책의 상호관계와 계획방침을 정리한 것이 그림 2이다. 당초의 화원에 의해 내장재와 수납물에 착화하기 어렵게하던지 또는 그 후의 화재성장을 억제함과 동시에 소화조치를 강구하는 것이 바람직하다. 이것을 피난의 관점에서 보면 화염과 연기확대를 표시하는 횡축(T)은 시간의 지연을, 화재발견에서 피난완료를 표시하는 종축(t)은 시간을 단축하는 것이 안전화의 방향이 된다. 이러한 대책의 관련중에서 어느 대책에 중점을 둘 것인가를 결정하는 것이 화재안전계획의 기본방침이 되어야 할 것이다.

이러한 기본적인 사고하에서 화재위험의 특성에 따라서 약점을 다른대책으로 보완하는 방침 또는 약점을 없애는 방침을 세워야 할 것이다. 그리고 화재안전계획의 기본적인 사고에서는 평상시의 기능을 고려하여야 하며 예측하지 못한 사태에 대비한 대책, 즉 방화구획, 방연구획, 피난시설 등과 같은 수동대책을 계획의 축으로 하여 화재위험의 특성에 따라 대처하는 것이 합리적이다. 예를 들면 건물내에 있어서도 용도나 특성이 다른 실은 구획하는 것이 기본이다.

재실자의 피난능력이 부족한 병원과 같은 건물은 완전한 방화구획 혹은 피난 발코니를 기본으로 한 대책에 중점을 두어야 할 것이다. 백화점과 같이 가연물이 많고 공간이 크며 이용자가 불특정 다수인인 경우에는 화재제어가 매우 곤란하므로 방화구획, 스프링클러 및 안전하고 원활한 피난로의 확보가 필요하다. 호텔 등의 숙박용도에서는 화재발견을 포함한 피난에 중점을 두어야 하고 객실 등 구획이 작게 분할된 곳에서는 방화구획에 의한 대책에 중점을 두어야 할 것이다. 사무소 건축에서는 피난대책중에서 평면의 형상과 실의 단위면적에 의한 안전구획(피난계단, 복도 등)의 배치방법에 중점을 두는 대책이 필요하다. 또한 이상과 같은 사고를 개개의 건축물의 고유한 조건에 맞추어서 검토하는 것이 중요하다.

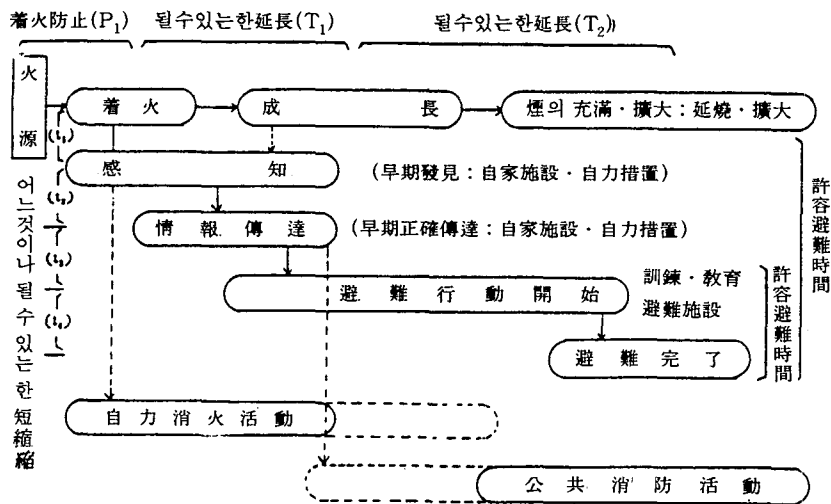


그림 2. 火災의 發生과 이에 따른 現象, 措置 等

그리고 건물의 일상기능과 방재기능은 서로 모순되는 것이 많다. 예를들면 상시 폐쇄식 방화문은 방화구획에는 효과적이지만 평상시의 이용에는 불편하며 자주 이용되지 않는 안전구획과 계단은 폐쇄되어 사용이 불가능하게 되기 쉬우며 수납 장소로 사용되는 경향이 많은 것 등, 일상기능과 유지관리상 서로 모순되는 것이 많다. 방재설비는 평상시에는 사용되지 않는 것이 많으므로 비상시에 사용할 수 있는 신뢰성이 낮아지기 쉽다. 따라서 평상시에 정기적으로 비상시의 시설기능과 그 사용방법을 검토할 필요가 있다. 방재시설과 방재설비에 대해 평상시에 적극적으로 이용하도록 유도하는 것은 이러한 점에서 매우 필요하다.

방재대책 상호간에도 기능적으로 서로 모순되는 것이 있다. 예를들면 방화구획과 피난에 대해서 살펴보면 연기감지기연동샷다를 계단부분에 설치하면 상층으로의 화재전파를 막는 방화방연구획은 빠르게 형성되지만 출입구는 작게 되기 때문에 화재층의 피난에는 시간이 많이 걸리게 되는 결과를 초래하게 된다. 또는 배연구의 위치와 작동시 실의 개폐조건에 따라서는 피난자가 위험하게 되는 경우도 있다.

이상과 같이 화재안전대책에는 고유의 성격이 있으므로 단순히 제 대책을 마련하는 것으로 목표한 안전성을 얻을 수 없다. 우선 각 건물의 특성을 재해상황의 예측으로부터 파악하고 평상시의 기능도 고려한 화재안전계획의 기본방침을 세우고 화재안전대책의 목적과 성격을 고려하여 계획하여야 할 것이다. 또한 최저한의 안전성을 규정한 법규를 준수하는 것에서 지향하여 제 대책을 체계화하는 방향을 모색하는 것에 의해 합리적인 화재안전계획이 가능할 것이다. 전술한바와같이 일상기능과 방재기능은 서로 모순되는 것이 많으며 화재안전대책 중에서도 서로 기능적으로 모순되는 것이 있기 때문에 건축의 일반계획 후에 수립하는 사후적인 대책으로는 목표한 안전성을 기대할 수 없다. 그러므로 기본설계의 계획단계에서 동선계획, 규모계획, 공간구성 등에 화재안전의 개념을 고려하는 것이 중요하다. 즉 건축설계의 초기단계에서부터 안전의 개념을 도입하여 설계과정에 반영하는 것이 바람직하다.

4. 공간구성계획

공간구성계획(평면, 단면계획)은 건축의 기본설계 그 자체라고 말할 수 있다. 따라서 평면단면계획이 확정되는 단계에서 최종적인 건축의 화재안전성도 기본적인 것의 대부분이 정해진다고 생각된다. 그 중에서도 안전한 피난로의 확보가 가장 중요하며 적절한 피난로의 설정이 가능하지 않은 평면계획에서는 방재설비가 아무리 충분하여도 인명의 안전이라고 하는 관점에서 보면 화재안전계획이 없는 것이나 다름없다[13].

고층건축에서 화재안전계획을 종합적으로 처리함에 있어서 기본적으로 가장 중요한 점은 화재안전을 고려한 조닝에 의한 공간구성이다. 다층에 걸친 기본층의 반복을 전제로 한 고층건물에서는 피난동선의 명쾌함에서 시작되는 평면단면계획은 그 건물의 화재안전에 대한 기본틀을 형성하는 것이다. 화재안전에 대한 배려를 무시한 공간구성에서는 모든 방재시설 및 설비를 완비했다하더라도 그 효과를 기대하는 데에는 한도가 있을 것이며 또 만일 방재설비가 어떤 원인으로 작동하지 않을 경우 혼란을 조장하게 되고 그 피해도 막대하게 될 것이 예상된다. 화재안전계획에 있어 그 기본틀을 형성하는 공간구성에서 충분한 검토와 화재안전에 대한 배려가 이루어지면 그 후의 대책은 보조적 수단으로서의 대책으로 충분히 안전성을 확보할 수 있다고 말할 수 있다.

여기서는 화재안전을 위한 건축공간계획으로서 화재안전을 고려한 내부공간구성계획에 중점을 두고 고찰하며, 특히 고층사무소건축의 코아계획과 피난로의 배치에 대하여 탐구한다.

현대적 고층 사무소건축의 기준층 평면은 일반적으로 사무공간과 코아공간으로 구성되며 사무공간의 각 실의 분할은 두가지 방법 중 한가지에 근거하고 있다. 즉 공용복도에서 사무공간의 각 실로 출입하도록 구성되어 있는 형태(개실평면형 또는 복도형)와 코아에서 사무공간의 각 실로 직접 출입하도록 구성되어 있는 형태(개방평면형 또는 홀형)의 두가지가 있다[31].

그림 3은 고층 사무소건축의 기준층평면을 화재안전의 관점에서 코아의 유형을 분류한 것이다[26].

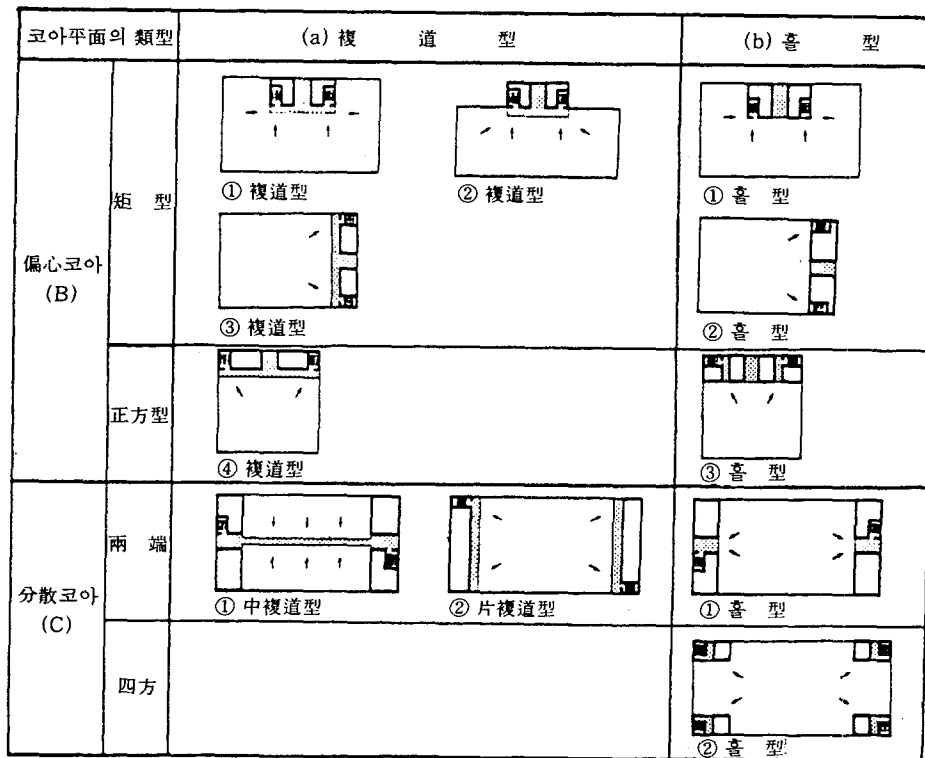
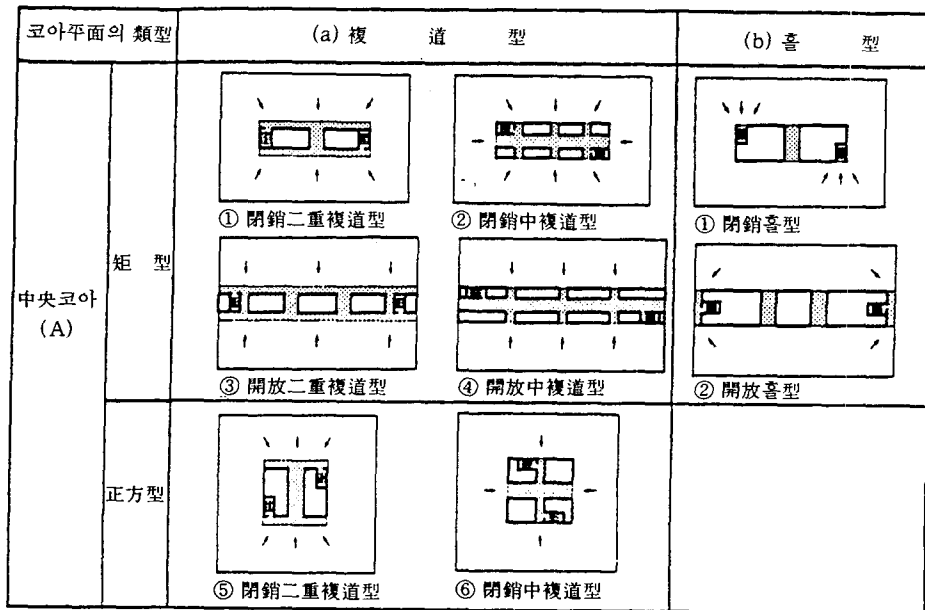


그림 3. 코아平面的 類型과 避難路의 配置

일반적으로 건물화재시 피난경로는 거실-거실의 출입구-복도-계단의 전실-계단-외부로 통한 출입구-안전한 외부 등으로 구성되어 있다. 여기에서 안전구획이 피난경로 중 어느 단계에 설정되어 있는 경우 거실측에서 가까운 것부터 1차안전구획(복도), 2차안전구획(계단의 전실) 등이라 부르고 있다[2].

4.1 홀형코아와 복도형코아의 특성

그림 3에서 홀형코아와 복도형코아를 화재안전의 관점에서 평가해보면, 홀형코아에서는 재실자가 공용복도를 경유하지 않고 직접 계단으로 피난하는 구조로서, 개방평면의 사무공간이 사용자에게 의해 임의로 간막이가 구성될 경우, 거실 내의 피난동선이 불명확하게 되기 쉬우며 계단의 위치도 파악하기 어렵게 되며 또한 피난경로가 임의로 구성된 간막이로 인해 폐쇄될 가능성도 배제할 수 없으므로 피난에 장애를 초래할 위험성이 높다. 반면에 복도형코아에서는 재실자가 일단 1차안전구획인 공용복도로 피난한 다음 복도에 연결된 계단을 통하여 신속히 피난할 수 있기 때문에 홀형코아에서와 같은 문제점은 없다고 말할 수 있다.

4.2 개방형코아와 폐쇄형코아의 특성

또한 코아공간의 평면형태를 그림3에서와 같이 개방형과 폐쇄형으로 구분하여 평가할 수 있다. 폐쇄형코아는 코아공간이 사무공간으로 둘러싸여 외기와 폐쇄된 형태이며 개방형코아는 코아공간이 외벽의 양단까지 연장되어 외기에 개방된 형태이다.

폐쇄형코아는 일반적으로 중앙코아(central core)라고 불리고 있으며 이러한 코아평면에서는 2개의 계단이 근접해 배치될 경우 화재시 2개의 계단이 동시에 화연에 오염될 가능성이 매우 높다. 그리고 계단이 옥내에 폐쇄되어 있기 때문에 자연환기가 불가능하여 기계환기에 의존할 수 밖에 없다.

반면에 개방형코아는 2개의 계단 사이의 이격거리를 충분히 띄워 배치할 수 있으므로 피난계획의 중요한 원칙의 하나인 2방향 피난이 가능하다. 계단이 외기에 개방되므로 자연환기에 의한 연기

의 회석이 가능하며 “개방공간 지향”이라는 화재시 인간의 피난심리와도 부합되어 더욱 피난에 유효한 계단을 구성할 수 있는 이점이 있다. 그리고 외벽의 양단까지 연장된 코아에 의해 각 층을 2개의 구역으로 분리할 수 있어 화재시 한쪽 구역이 봉쇄될 경우 다른쪽 구역은 임시 대피장소로서의 사용이 가능하게 계획할 수 있는 이점도 있으며, 또한 코아로 분리된 2개의 사무공간을 연결하는 순환경로를 계획할 수 있는 이점이 있으므로 피난계획상 매우 유리한 코아평면형태라고 말할 수 있다. 더우기 외기에 개방되는 곳에 피난발코니를 설치할 수 있는 요건도 갖출 수 있어 피난자의 안전확보 및 소방대원의 소방활동상의 거점으로도 이용할 수 있어 매우 바람직하다.

그림 3은 고층건축의 기준층 평면을 피난계획의 관점에서 코아의 유형을 분류한 것이다. 건물의 용도, 규모, 대지조건 등에 의해 적절한 유형이 선택되었지만 어느 유형이나 장단점이 있으며 모두를 만족하기는 어렵다. 계획안의 단점을 명확히 파악하여 이것을 보완할 수 있는 방안을 강구하는 것이 바람직하다.

그림 3에서 분류한 코아평면의 각 유형에 대한 피난계획상의 특징을 분석하여 보면 다음과 같다.

4.3 중앙코아형 평면(그림 3-A형)

1) 복도형(A-a)

가) 폐쇄이중복도형(A-a-1형)

2개의 계단이 안전구획(복도)으로 연결되어 있으며 공용복도로 나와서 2방향 피난이 가능하다. 계단이 적당한 간격을 두고 편중됨이 없이 배치되어야 하며 그렇지않을 경우 피난방향이 중앙으로 집중될 우려가 있다.

나) 개방이중복도형(A-a-3형)

앞의 형에서 코아를 외벽의 양단까지 연장한 것으로 피난계단이 외기에 면하게 되어 계단의 안전성을 높일 수 있으며 또한 각 층이 코아에 의해 2개의 구역으로 분리되며, 순환동선의 구성이 가능하여 피난상 더욱 유리하다. 반면 외벽의 양단에 위치한 계단까지의 보행거리가 길어질 우려가 있으며 계단이 코아평면의 중간에 위치할 경우 막다른 복도가 발생하게 되어 위험하다.

이강훈

다) 폐쇄중복도형(A-a-2형)

이 유형은 A-a-1형의 특징과 거의 유사하지만 복도가 직선형이므로 피난로가 단순, 명쾌하게 구성되는 장점이 있다.

라) 개방중복도형(A-a-4형)

이 유형은 A-a-2형의 코아를 외벽의 양단까지 연장한 것으로 A-a-3형의 특징과 거의 유사하지만 복도가 직선형이므로 피난로가 단순, 명쾌하게 구성되는 장점이 있다.

마) 폐쇄중복도형, 폐쇄이중복도형(A-a-5, 6형)

이 유형은 일반적으로 중앙코아(central core)라고 부르고 있으며 일상동선이 짧고 설비를 집약할 수 있는 장점 때문에 현대 사무소건축에서 가장 보편적으로 이용되고 있는 형태이다. 코아내 복도가 안전구획이 되며 2개의 계단이 연결되어 있는 점은 앞의 A-a-1, 2형과 같으나 2개의 계단이 너무 근접하는 경향이 있어 피난동선이 중앙으로 집중될 우려가 매우 높아, 화재시 2개의 계단이 동시에 화연으로 오염될 가능성이 높기 때문에 2방향 피난이 불가능하게 될 위험성이 크다. 이것을 해결하기 위해서는 코아 주위를 전부 복도로 구성해야 하고 건물 외주부에 별도의 계단 또는 피난발코니 등을 설치할 필요가 있다. 각 층이 코아에 의한 2개 구역으로의 분리가 불가능하다.

2) 홀형(A-b형)

가) 폐쇄홀형(A-b-1형)

2개의 계단이 복로 연결되어 있지 않기 때문에 화재시 한쪽의 계단이 화연으로 봉쇄되면 남은 한쪽의 계단만으로 피난이 가능하여야 하며, 거실내의 가구, 책상 등의 배치 또는 간막이의 설치 등에 의해 거실 내에서의 피난동선이 불명확하게 되기 쉽다. 각 층이 코아에 의한 2개 구역으로의 분리가 불가능하다.

나) 개방홀형(A-b-2형)

앞의 형에서 코아를 외벽의 양단까지 연장한 것으로 계단이 외기에 개방되므로 안전성을 높일 수 있으나 계단이 안전구획(복도)으로 연결되어 있지 않아 앞의 형과같은 문제점은 남게 된다.

4.4 편심코아형 평면(그림3-B형)

1) 복도형(B-a-1, 2, 3, 4형)

B-a-1, 2, 4형은 앞에서 언급한 A-a-1, 5형에서 한쪽 거실만을 취한 형상으로 특징도 거의 같으나 피난동선이 한쪽으로 치우치기 쉽다. 이것을 보완하기 위해서는 코아의 반대측에 계단 또는 피난발코니 등을 설치하는 것이 바람직하며 막다른 복도의 발생에도 유의하여야 한다. 반면 이들 형은 계단이 외기에 개방될 수 있으므로 안전성을 높일 수 있는 장점이 있다. B-a-3형은 피난계획상 가장 불리한 평면형으로 소규모 건물에서 사용되고 있지만 코아가 있는 쪽이 화재로 봉쇄되면 피난로가 완전히 차단될 가능성이 높으며 계단까지의 보행거리도 길어질 우려가 있다. 이것을 해결하기 위해서는 코아의 반대측에 또하나의 계단을 배치하든지 또는 피난발코니 등을 설치할 필요가 있다.

2) 홀형(B-b-1, 2, 3형)

이들 형도 앞의 B-a형의 특징과 거의 유사하지만 안전구획(복도)이 없기 때문에 더욱 불리한 코아평면이다.

4.5 분산코아형 평면(그림3-C형)

1) 복도형(C-b-1, 2형)

중복도형은 피난상 일직선의 명쾌한 피난동선이 형성되는 평면으로 2방향 피난의 전형이라고 말할 수 있지만, 편복도형은 2개의 계단이 안전구획(복도)으로 연결되어 있지 않기 때문에 화재시 한쪽의 출입구가 화연으로 봉쇄되면 피난로가 완전히 차단될 위험성이 높다. 원칙적으로 남은 한쪽의 출입구만으로 안전한 피난이 가능하도록 계획하여야 한다. 따라서 중앙의 공간을 2개의 구역으로 분리하는 것이 피난계획상 유리하며 또한 막다른 복도가 발생하기 쉬우므로 이에 대한 대책으로 복도 끝에 별도의 계단 또는 피난발코니 등의 설치가 요구된다.

2) 홀형(C-b-1, 2형)

C-b-1형은 앞의 C-a-2형의 특징과 유사하지만 안전구획(복도)이 없기 때문에 더욱 불리한 코아 평면이다. C-b-2형은 4방향의 피난이 가능하며 계단이 외기에 개방되어 안전성을 높일 수 있으므로 비교적 안전한 유형이지만 거실내 입구의 간막이 구성에 따라 피난동선이 불명확하게 될 우려가 있

표 1. 코아평면의 유형별 화재안전성 비교분석

코아평면의 유형	중앙코아형(A)								편심코아형(B)		분산코아(C)			
	복도형(a)				홀형(b)				복도형(a)	홀형(b)	복도형(a)		홀형(b)	
	이중복도형		중복도형		이중복도형	중복도형	①	②			①	②	①	②
	① 폐쇄	③ 개방	② 폐쇄	④ 개방	⑤ 폐쇄	⑥ 폐쇄	폐쇄	개방	부도형(a)	홀형(b)	중복도형	편복도형	양단분산	사방분산
1. 2방향 피난	△	□	△	□	×	×	△	□	△(×)*	△(×)**	□	□	□	◎
2. 피난로(계단)의 안전성	△	◎	△	◎	△	△	△	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
3. 피난로(복도)의 안전성	□	□	◎	◎	△	△	△	...	◎	△
4. 막다른 복도의 발생여부	△	△	△	△	×	×	△	...	◎	×
5. 대피장소의 확보	△	◎	×	◎	×	×	◎	×	×	×
6. 보행거리의 장단	□	×	□	×	◎	◎	□	×	◎(×)*	◎(×)**	×	×	×	×

범례 : ◎ 우수 □ 양호 △ 보통 × 불량 * () 는 B-a-3형 ** () 는 B-b-2형

* 화재안전성의 평가요소에 대한 기준

- 1) 2방향 피난 : 2개 계단사이의 이격거리 확보
- 2) 피난로(계단)의 안전성 : 외기에 개방가능, 발견 및 접근의 용이성, 순환 동선 구성의 용이성
- 3) 피난로(복도)의 안전성 : 발견 및 접근의 용이성, 명쾌한 피난동선
- 4) 막다른 복도의 발생 여부
- 5) 대피장소의 확보 : 코아에 의한 공간분할의 용이성
- 6) 보행거리의 장단

다. 일상동선과 피난동선을 일치시킬 필요가 있으며 중앙의 공간은 2개의 구역으로 분리하는 것이 피난상 유리하다.

표 1은 앞에서 고찰한 각 유형의 코아평면에 대해서 피난계획상의 화재안전성을 비교분석하여 정리한 것이다.

이상에서 고찰한 바에 의해 코아평면의 화재안전설계시 고려할 사항을 종합정리하면 다음과 같다.

- 1) 홀형코아평면보다는 복도형코아평면이 피난계획상 여러가지 점에서 매우 유리하다. 따라서 홀형코아에도 피난동선의 구성 및 계단의 식별성 등을 용이하게 하기 위해서는 공용복도의 설치가 요구된다.
- 2) 계단의 위치는 복도 끝 또는 코아의 양단에 설치하는 것이 유리하다. 왜냐하면 피난동선의 구성, 2방향 피난, 계단의 식별성, 막다른 복도의 발생 방지 등의 측면에서 모두 유리하다. 여기에서 보행거리가 길어지는 것을 보완하기 위해서는 복도를 안전한 피난로가 되게 구성하므로써, 즉 복도에 면한 개구부를 일정수준의 내화도를 갖춘

것으로 구성하므로써 피난 시간을 연장하는 것이 필요하다.

- 3) 계단의 위치를 화장실과 근접시켜 배치하므로써 일상동선과 피난동선을 일치시킨다.
- 4) 홀형코아에서는 거실내의 피난동선이 복잡하게 구성되지 않도록 가구 및 간막이 등을 유의하여 배치하여야 한다.
- 5) 중앙코아에서 2개의 계단이 매우 근접할 경우와 편심코아의 경우에 서는 별도의 계단 또는 피난발코니를 설치하여 2방향 피난이 가능하도록 하는 것이 바람직하다.
- 6) 각 층의 평면이 코아에 의해 2개의 구역으로 분리되는 것이 대피지역의 확보, 2방향 피난확보, 순환동선의 구성상 바람직하며, 그렇지 않을 경우 기준층 평면의 중앙부분에 방화 및 방연구획을 설치하여 각층을 2개의 구역으로 분리하는 것이 대피지역의 확보 및 2방향 피난확보 면에서 유리하다.
- 7) 코아의 유형은 건물의 용도, 규모, 대지조건 등에 의해 적절한 유형이 선택되겠지만 어느 유형이나 장단점이 있으며 모두를 만족하기는 어렵

이강훈

다. 계획안의 단점을 명확히 파악하여 이것을 보완할 수 있는 방안을 강구하는 것이 바람직하다.

5. 결 론

이 논문은 화재안전의 관점에서 현대적 고층 사무소건축의 설계계획시 고려해야 할 사항을 고찰하였다. 특히 화재에 안전한 공간구성을 위해 고층 사무소건축의 코어유형과 피난로의 배치방법에 대해 상세히 고찰하였다.

건축물의 화재안전계획은 건축공간구성과 설비, 그 운영과 유지 관리 등의 제 요소로부터 이루어지는 종합적인 계획이어야 한다. 그러나 현재 화재안전설계의 수준은 관련 법규의 준수와 소방설비 등에 크게 의존하고 있는 실정이다.

합리적이고 효과적인 화재안전계획을 위해서는 건축설계의 기본계획단계에서부터 규모계획, 동선계획, 공간구성계획 등에서 화재안전에 대한 정확한 개념을 파악하여 설계에 반영할 필요성이 강조된다.

화재 및 연기의 영향에 관련된 더 많은 연구, 실험 및 공학적 설계가 요구되며 또한 화재안전대책은 화재상황의 무한한 가능성을 고려하여 융통성 있는 대책이 필요하다. 따라서 법 규정을 충족시키는 획일적인 계획안으로는 화재안전성의 효과를 기대할 수 없다.

고층 사무소건축의 설계계획시 화재안전계획의 기본방침은 무엇보다도 화재의 연소확대방지 뿐만 아니라 안전한 피난로 및 건물내 대피장소의 확보를 효과적으로 달성할 수 있는 건물의 구획화(compartmentation)에 중점을 두어야 하며 또한 피난행동에 효과적으로 대응할 수 있도록 피난로를 계획설계하여 화재안전성이 높은 공간구성이 되도록 노력하여야 할 것이다. 그리고 각 건축물의 고유한 조건 및 특성을 고려한 합리적이고 종합적인 대책을 강구할 것이 요구된다.

참 고 문 헌

1. 上田光雄, 계단에서의 군집유동의 성상, 일본건축학회논문집, 55호(1957)

2. 吉田克之 외, 건축안전론, 신건축학대계 12권(1983)

3. 神忠 久, 연기 속에서의 유도표지의 투시거리에 대하여, 일본건축학회논문집, 182호, 192호, 204호(1971, 1972, 1973)

4. 神忠 久, 연기 속에서의 심리적 동요에 대하여, 화재, 30권, 1호(1980)

5. 神忠 久, 연기 속에서의 보행속도에 대하여, 화재, 25권, 2호(1975)

6. 岡田光正, 화재안전학입문, 학예출판사(1985)

7. 菅原進一, 공간특성에 합당한 방화수법, 건축잡지, V. 98, N. 1063(1983)

8. 浜田信義, 고층건축의 방재설계, 건설자료, V. 33, N. 8(1980)

9. 浜田 揆, 고층건축의 방화지침, 일본손해보험협회(1972)

10. 浜田 揆 외, 건축방화론, 신정건축학대계, 21권, 창국사(1978) 8

11. 방재시스템연구회, 건축방재의 기본계획, 오무사(1977)

12. 北後明彦, 건축물에 있어서 화재시의 피난행동특성에 관한 연구, 신호대학대학원 박사학위논문(1985)

13. 山口哲夫, 신숙야촌빌딩의 방재설계(2), 건축계, V. 27, N. 11(1978)

14. 小林正美, 굴내삼랑, 오피스빌딩에 있어서 화재시의 인간행동 분석, 일본건축학회논문집, N. 280(1979)

15. 室崎益輝, 빌딩화재와 피난행동, 근대소방, V. 22, N. 11(1984)

16. 일본건축센타 편, 신건축방재계획지침, 신일본건축법규출판(주)(1985)

17. 일본건축센타 편, 건축방재계획지침, 신일본건축법규출판(주)(1978)

18. 川越邦熊 외, 건축방화론, 신건축학대계, 12권, 창국사(1983)

19. 한국화재보험협회 편, 피난설계, 방재대책연구총서, 12권, 한국화재보험협회(1981)

20. 吉田克之 외, 건축안전론, 신건축학대계 12권, 창국사(1983)

21. 若松孝旺, 지하화재와 방재대책, 건축잡지, Vol. 95, No. 1161(1977)

22. 次郎丸誠男, 지하환경에 있어서 패닉과 피난유도, Vol. 95, No. 1161(1977)

23. 佐藤博臣 외, 화재시 종합방재시스템에 관한 연구(제5보) : 아트리움을 갖는 건물의 화재특성에

- 측에 기초한 방재계획 예, 녹도기술연구소연보, No. 34(1986)
24. 古頼 敏, 방재의 관점에서 본 아트리움의 이점과 문제점, 건축기술, No. 428(1987)
 25. 辻本 誠, 아트리움의 화재안전계획, 빌딩레타, 5월호(1989)
 26. 이광로 외 4인, 건축계획, 문운당(1990)
 26. 이강훈, 우리나라 고층건축의 화재안전에 관한 건축계획적 연구, 고대 대학원 박사학위논문(1989)
 27. 이강훈, 우리나라 고층건축화재의 문제점과 그 대책에 관한 기본방향에 관한 연구, 한국화재학회지, 4권, 2호(1990)
 28. 이강훈, 피난행동과 피난계획에 관한 연구, 경남대 공업기술연구소 연구논문집, 제11집(1993)
 29. 이강훈, 고층건축에 있어서 방화계획의 기본방침에 관한 연구, 경남대학교논문집, 제8집(1981)
 30. J. Fruin, Pedestrian Planning and Design, New York : Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners (1971)
 31. D. Canter, Fires and Human Behavior(1980)
 32. R. L. Paulsen, Human Behavior and Fires : An Introduction, Fire Technology, V. 20, N. 1 (1984)
 33. Fred I. Starl, BFIREs-II : A Behavior Based Computer Simulation of Emergency Egress During Fires, Fire Technology, V. 18, N. 1 (1982)
 34. G. T. Tamura, Computer Analysis of Smoke Movement in Tall Building, ASHRAE Trans., V. 75(1969)
 35. John W. Fothergrill Jr., Smoke Movement within a Building, Fire Safety Journal, V. 7, N. 1(1984)
 36. M. Galbreath, Time of Evacuation by Stairs in High Building, Fire Research Note, 8, NRCC, DBR(1969)
 37. John H. Klote, Xarier Bodat, Smoke Control by Pressurised Stairwel, Batiment International, Building Research and Practice (1984)
 38. Barbara Jones, Safe Refuge : A New Anser to High-rise fires, Professional Safety, V. 26, N. 4(1984)
 38. J. H. Klote, G. T. Tamura, Smoke Control and Fire Evacuation by Elevators, ASHRAE Trans, V. 92, pt. 1A(1986)
 39. N. E. Groner, B. M. Levin, Human Factors Considerations in Potential for Using Elevators in Building Emergency Evacuation Plan, NIST-GER-92-625
 39. R. K. Pefley, F. C. Allen, Fire-safe Sanctuaries : A Viable Alternative for Life Safety in High-rise Buildings, ASHRAE Trans., pt. 2(1982)
 40. B. Malhotra, New thinking required on escape route planning, Fire prevention, No. 178(1985)
 41. Butcher & parnel, Designing for fire safety, John willy & sons(1983)
 42. O'Hagan, High ris/fire & life safety, Don. Donnelley publishing co.(1977)
 43. Council on tall buildings & urban habitat, Fire safety in tall buildings, McGraw-Hill (1992)
 44. Donald J. Conway, Human response to tall buildings, Dowden, Hurchinson & Ross(1977)
 45. John pile, Open office planning, Whitney libray of design(1978)
 46. Francis Duffy, Planning office space, The architectural press ltd.(1977)
 47. M. Galbreath, Time of evacuation by stairs in high building, Fire research note, 8, NRCC, DBR(1969)
 48. B. Jones, Safe refuge : a new answer to high-rise fires, Professional safety, 26, No. 4 (1984)
 49. R. K. Pefley, F. C. Allen, Fire-safe sanctuaries : a viable alternative for life safety in high-rise buildings, ASHRAE Trans. pt. two(1982)
 50. J. N. Macdonald, Non-evacuation in compartmented fire resistive buildings can save lives and makes sense, CIB, Advancing building technology, Vol. 7 of 11, Translating research into practice session 3 & 4(1986)
 51. R. E. Stevens, The high-rise building dilemma, High-rise building fire and fire safety, NFPA No. Spp-18.
 52. R. Saxon, Atrium buildings : development and design, Van Nostrand Reinhold(1983)
 53. M. J. Bedner, The new atrium, McGraw-Hill (1986)