

초고층 건축물의 제연설비기준 개선방안

A Study on the Improvement of Smoke Control Regulation in Super High-rise Building

○김 선 동* 이 동 윤* 박 진 철**
Kim, Sun-Dong Lee, Dong-Yun Park, Jin-Chul

Abstract

These days, the super high-rise buildings are rapidly increased in Korea. But there is a problem of evacuation and safety according to increase height in building.

The aim of this study is to improve smoke control regulation as to solve the problems related high-rise buildings. According to this study, the standard of smoke control and the types of smoke control system, the influence element of smoke control regulation in the super high-rise building is suggested.

키워드 : 초고층 건물, 제연설비 기준, 제연설비

Keywords : High-rise Building, Smoke Control Regulation, Smoke Control System

1. 서 론

1. 연구의 배경 및 목적

최근 해외뿐만 아니라 우리나라에서도 500미터가 넘는 초고층 건축물이 건설되고 계획되어지고 있는 실정이다. 이러한 초고층 건축물 계획은 현재 서울 지역만 보더라도 7개 이상이다. 초고층 건물은 도시처럼 공간이 한정된 지역에서 가장 효율적인 토지 이용이라는 점에서 그 활용도가 높다고 할 수 있겠다. 하지만 초고층 건물에서 보여 지는 화재 발생 시의 위험성은 초고층 건물의 필요성보다 상위할 수 있을 것이다. 초고층 건물에서의 화재는 일반건물에서 보다 피난거리에 따른 피난시간의 지연으로 인해 인명 피해의 위험성을 가지고 있다. 이러한 인명 피해를 줄이기 위한 여러 가지 설비들이 강화되고 보완되고 있고, 이는 제연구역에서의 제연설비가 인명 피해를 줄이는 가장 중요한 요소라고 할 수 있다. 초고층 건물의 사용자들의 안전성이 보장되지 않는다면 사용자들의 불안감을 커질 수밖에 없을 것이다. 화재로 인한 사망자 중 연기피해로 인한 사망자의 비율이 우리나라에서는 45%, 일본은 40%, 영국은 50%, 미국은 80%로 집계되고 있으며 이러한 사실로 볼 때 초고층건물에서의 연기에 의한

사망자의 비율이 적지 않다는 것을 알 수 있다.

현재 시행되고 있는 건축법규들은 500미터가 넘는 초고층 건축물에 적용되었을 때 적합하지 않는 내용들이 많이 포함되어 있다고 보여 진다. 단순히 법규에만 맞추어서 시공되어지는 상황에서 제연설비의 한계성이 생길 수밖에 없다. 이러한 현실은 화재 시 인명피해를 증가시키는 안타까운 일이 아닐 수 없다. 제연설비를 통해서 인명피해를 줄일 수 있는 방안을 모색해야할 뿐만 아니라 현재의 제연기준을 재검토하여 실질적인 적용이 이루어져야 할 것이다.

이에 본 연구에서는 초고층 건축물에서의 제연설비 기준의 문제점과 개선대책 방안을 도출하기 위해 제연기준을 조사·분석하고 초고층 건축물의 효과적인 연기제어를 하기위한 제연 설비 시스템기준에 관한 개선방안을 제시하고자 한다.

2. 초고층 건축물의 국내·외 제연기준 비교

2.1 국내 제연관련 기준

국내의 법규는 건축법, 소방법 등 각각의 기관에서 정해놓은 기준에 따라 시행되고 있다. 제연관련기준은 자연 제연방식과 기계제연방식이 있으며, 국내에서 정해지는 제연관련 기준은 다음의 표1, 표2와 같다.

* 중앙대 대학원 석사과정

** 중앙대 건축학부 교수, 공학박사

"이 연구는 2009년도 소방방재청이 주관하는 차세대핵심소방안전기술개발 제원사업의 연구비 지원에 의한 연구의 일부임. 과제번호: KFI-00001

표1. 건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙 [일부개정 2008.7.21 국토해양부령 제36호]

규칙	내용
제8조 (직통계단의 설치기준)	- 직통계단의 출입구는 피난에 지장이 없도록 일정한 간격을 두어 설치하고, 각 직통계단 상호간에는 각각 거실과 연결된 복도등 통로를 설치하여야 한다.
제9조 (피난계단 및 특별피난계단의 구조)	- 건축물의 5층 이상 또는 지하 2층 이하의 층으로부터 피난층 또는 지상으로 통하는 직통계단은 피난계단 또는 특별피난계단으로 설치하여야 한다.
제23조 (방화지구안의 지붕·방화문 및 외벽등)	연소할 우려가 있는 부분에는 방화문 기타 방화설비를 하여야 한다. - 감중방화문 또는 을중방화문 - 소방법령이 정하는 기준에 적합하게 창문등에 설치하는 드렌저 - 당해 창문등과 연소할 우려가 있는 다른 건축물의 부분을 차단하는 내화구조나 불연재료로 된 벽·담장 기타 이와 유사한 방화설비 - 환기구멍에 설치하는 불연재료로 된 방화커버 또는 그물눈이 2밀리미터 이하인 금속망
제26조 (방화문의 구조)	- 감중방화문 및 을중방화문은 국토해양부장관이 정하여 고시하는 시험기준에 따라 시험한 결과 각각 비차열 1시간 이상 및 비차열 30분 이상의 성능이 확보되어야 한다.

표2. 특별피난계단의 계단실 및 부속실 제연설비의 화재안전기준 (NFSC 501A)[2008.12.15. 소방방재청고시.제2008-47호]

규칙	내용
제4조 (제연방식)	-제연구역에 옥외의 신선한 공기를 공급하여 제연구역의 기압을 제연구역 이외의 옥내보다 높게 하되 일정한 기압의 차이를 유지하게 함으로써 옥내로부터 제연구역내로 연기가 침투하지 못하도록 할 것 -피난을 위하여 제연구역의 출입문이 일시적으로 개방되는 경우 방연풍속을 유지하도록 옥외의 공기를 제연구역내로 보충 공급하도록 할 것 -피난을 위하여 일시 개방된 출입문이 다시 닫히는 경우 제연구역의 과압을 방지할 수 있는 유효한 조치를 하여 차압을 유지할 것
제5조 (제연구역 선정)	-계단실 및 그 부속실을 동시에 제연 하는 것 -부속실만을 단독으로 제연 하는 것 -계단실 단독제연하는 것 -비상용승강기 승강장 단독 제연 하는 것
제6조 (차압 등)	-제4조제1호의 기준에 따라 제연구역과 옥내와의 사이에 유지하여야 하는 최소차압은 40Pa(옥내에 스프링클러설비가 설치된 경우 12.5Pa) 이상으로 하여야 한다. -제연설비가 가동되었을 경우 출입문의 개방에 필요한 힘은 110N 이하로 하여야 한다. -출입문이 일시적으로 개방되는 경우 개방되지 아니하는 제연구역과 옥내와의 차압은 제1항의 기준에 따른 차압의 70% 미만이어서는 아니 된다. -계단실과 부속실을 동시에 제연 하는 경우 부속실의 기압은 계단실과 같게 하거나 계단실의 기압보다 낮게 할 경우에는 부속실과 계단실의 압력차이는 5Pa 이하가 되도록 하여야 한다.
제7조 (급기량)	급기량은 다음 각 호의 양을 합한 양 이상이 되어야 한다. -제4조제1호의 기준에 따른 차압을 유지하기 위하여 제연구역에 공급하여야 할 공기량. 이 경우 제연구역에 설치된 출입문의 누설량과 같아야 한다. - 보충량

제8조 (누설량)	-누설량은 제연구역의 누설량을 합한 양으로 한다. 이 경우 출입문이 2개소 이상인 경우에는 각 출입문의 누설틈새면적을 합한 것으로 한다.
제9조 (보충량)	-보충량은 부속실(또는 승강장)의 수가 20 이하는 1개층 이상, 20을 초과하는 경우에는 2개층 이상의 보충량으로 한다. 다만, 산출된 양이 영 이하인 경우에는 영으로 본다.

2.2 국외 제연관련 규정

국외의 제연기준은 미국, 영국, 일본의 기준을 조사하였다. 다음의 표3은 미국의 기계제연방식의 기준이다.

1) 미국²⁾³⁾ : 표3은 미국의 기계제연방식의 기준만을 나타내는 것이다.

표3. 미국의 기계제연방식 기준

Code	설비방식	설계기준	
		차압	기준
NFP A 92A , NFP A 101 (5-2. 3)	계단실과 부속실 동시제연	계단실 25Pa	-전용덕트를 통해 층별 급배기 -계단실 가압, 부속실 급배기 -부속실은 분당 1회 이상 환기, 배기는 급기의 150% 이상 -계단실 입구로부터 3m 이내에 있는 연기 감지기의 작동에 의해 기동 -70.8m³/sec풍량·계단실부에는 25Pa의 풍압 이상일 때 작동하는 릴리프 개구부 설치
			계단실 제연
BOC A 1015.0	계단실과 부속실 동시제연		-부속실은 분당 1회 이상 환기, 배기는 급기의 150% 이상 -계단실 환기시 부속실보다 29Pa 이상의 정압 유지
	계단실 제연		-스프링클러 설치시 최소차압 44Pa, 최대차압 102Pa

2) 일본⁴⁾ : 일본 건설성고시 제1833호, 제1835호로 제정된 내용 중 기계제연방식만 기준

구분	특별피난계단 부속실	승강장부속실과 승강장 겸용시
급기구의 개구면적	1m²이상	1m²이상 1.5m²이하
급기풍도 단면적	2m²이상	2m²이상 3m²이하
배연기	4m³/sec이상	4m³/sec이상 6m³/sec이하
배연풍도	규정 없음	
제질	- 배연구, 배연풍도, 급기구, 급기풍도, 그 외 연	

2) 이규락, 고층공동주택의 급기가압식 제연시스템에 관한 연구, 경기대 산업정보통신대학원, 2005

3) NFPA(National Fire Protection Association)
92A : Recommended Practice for Smoke, Control System, 2000 Edition

BOCA(Building Officials Conference of America)

4) 박형주, 대규모 건축물의 방·배연(제연) 설비기술지침서, 지인당, 2001

	기와 접하는 배연설비 부분은 불연재료로 한다.
배연구의 수동개방 장치	- 수동으로 조작이 가능한 부분은 바닥으로부터 $0.8m \leq h \leq 1.5m$ 위치에 설치하고, 사용법을 표시 - 배연구는 1.8m 높이 이상에 설치
배연구의 높이	- 천장 높이의 상부 1/2 이상에 설치
급기구의 높이	- 바닥으로부터 벽의 하부(천장까지 높이의 1.2이하)상단의 높이를 기준

표4. 일본의 기계제연방식 기준

3) 영국(BS 5588)⁵⁾ : 표4는 영국의 기계제연방식의 기준을 나타내는 것이다.

표4. 영국의 기계제연방식 기준

Code	설비방식	설계기준	
		차압	기준
BS 5588 Part 4	계단실 제연	50Pa	계단실기압-부속실기압 ≤ 5Pa
	계단실과 부속실 동시제연		
	부속실·복도 제연		

2.3 국내·외 제연기준 종합비교분석

표의내용을 바탕으로하여 국내외의 제연관련 기준을 비교 분석해본 결과, 우리나라를 포함한 대부분의 나라에서 자연제연 방식과 기계 제연 방식을 선택하고 있다, 기본적인 기준항목은 비슷하지만 세부적인 항목에서는 많은 차이를 보였다.

국내의 기준 중 자연설비를 할 경우, 외기에 면한 개방 가능한 창이 있을 때 부속실 배기구 면적 1.5제곱미터 이상으로 만들도록 정하고 있을뿐, 제연구역 설정이나 개구 면적, 급기풍도의 단면적 등의 고려가 전혀 되어있지 않았다. 기계제연방식에 대한 설계기준을 비교했을 때, 방호공간에 대한 규정은 국내외의 차이가 별로 없다. 하지만 제연구역의 방화문과 방연풍속에 관한 규정은 밀접한 관계를 가지고 있으므로 이에 대한 규정이 충분히 고려되어야 하는데 그러지 않다. 방화문에 부착되어 사용되는 도어클로저에 대한 기준은 제연설비와의 연계성을 고려하지 않은 일반적인 도어클로저가 적용되어 있어 차압 제연이 충분히 이루어지는지에 대한 성능검토가 부족하다.

국내에서는 계단실 및 부속실 동시제연방식과 부속실 제연방식에 대해서 40pa 이상의 차압효과를 내도록 규정하고 그에 따른 보조적인 규정들을 두고 있다. 공기의 공급량과 압력 등에만 초점을 맞춘 규정은 건물마다 다른 기밀도와 구획방식, 댐퍼의 위치 등에 대해서 포용력 있게 대처하지 못하기 때문에 이에 대한 세부 규정이 필요한 실정이다. 초고층 건물의 경우 초기계획단계에서부터 연돌효과를 고려하지 않고 설계하여 시공할 경우, 설비적

대안을 통해서 보완해나가는 데에도 한계가 있다. 미국 초고층 건물의 제연설비설계의 경우 기본적인 NFPA Standard을 바탕으로 하여 건물 각각의 특징에 맞추어 제연방식을 선정하고 성능이 발휘될 수 있도록 설계하는 매우 합리적인 성능설계방식에 따라서 초고층 건물의 안전을 고려하고 있다.

3. 국내 기준의 문제점 및 개선방안

3.1 피난계단 및 연돌효과

국내의 소방관련 기준이나 법규들은 충분한 연구나 검토에 의한 결과들을 토대로 만들어진 것이 아닌 외국의 기준을 참고하여 만들어졌기 때문에 지속적인 제연기준에 대한 수정이나 보완이 이루어지지 않고 있는 실정이다.

현재 우리나라에서는 건축물의 특색에 맞는 성능설계 방식이 아닌 모든 건물에 일괄적인 기준이나 법규를 적용함으로써 실질적인 건축물의 제연성능의 효과를 기대하기는 어려운 실정에 있다.

건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙에서 건축물의 5층 이상 또는 지하 2층 이하의 층으로부터 피난층 또는 지상으로 통하는 직통계단은 피난계단 또는 특별피난계단으로 설치하도록 규정하고 있다. 하지만 초고층 건축물의 피난계단을 직통계단구조로 할 경우, 연돌효과에 의한 연기가 중성대 아래에 위치한 층에서는 연기가 피난계단으로 쉽게 침투하게 되고 중성대 상부층은 압력차로 인해 피난계단의 문을 열 수 없는 상황이 발생하게 된다. 이러한 현상은 건물의 높이가 높아질수록 영향을 크게 받는다. 따라서 부속실의 압력을 거실이나 복도보다 +40~60Pa의 압력을 유지하도록 규정하고 있는 소방방법의 규정은 연돌효과에 의한 압력 때문에 의미가 없어지게 된다.

초고층 빌딩에서는 연돌효과 방지를 위하여 특별피난계단을 20~25층마다 층간 구획이 가능하도록, 그리고 특별피난계단의 계단실 최상부에는 화재시 최상부에 체류하는 연기를 배출하기 위한 배기구를 설치하도록 건축법상의 특별피난계단구조에 대한 규정의 개선이 필요하다.

3.2 계단폭 규정

건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙 제 15조 계단의 설치기준에 의해서 문화 및 집회시설, 판매시설, 기타 이와 유사한 용도로 쓰이는 빌딩의 경우와 바로 윗층의 거실 바닥면적이 200㎡, 거실 바닥면적 합계 100㎡이상인 지하층의 경우 계단 폭을 1.2m이상으로 하도록 규정하고 있다.

현재 빌딩의 높이가 고층화되고 지하층의 활용도가 높아지면서 그에 따른 수용인원의 수도 증가하고 있다. 그

5) BS(British Standard) 5588 : Part 4 : 1998 Edition

러나 현 법규상의 규정은 수용인원의 수와 관계없이 용도 및 바닥의 면적에 따른 계단폭을 제시하고 있어 최상층부터 피난하여 내려오는 사람과 중간층에서 피난하려는 사람들로 인해 계단실의 혼잡이 우려된다. 또한 수용인원이 많은 판매시설의 경우 피난시 병목현상이 두드러지게 나타나게 된다. 초고층 빌딩에서는 피난에 대한 계획이 중요하다. 피난계획 뿐만아니라 건축계획부터의 근본적인 조치가 필요하다. 따라서 피난계단의 폭을 수용인원에 따른 계산을 근거로 폭을 정하는 규정이 필요하다.

3.3 배연설비

건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 제14조 배연설비에 의하여 6층 이상의 건축물로서 문화 및 집회시설, 판매시설, 의료시설, 교육연구 및 복지시설, 운동시설, 업무시설, 숙박시설, 위락시설 및 관광휴게시설에 쓰이는 바닥면적의 1/100이상의 유효면적을 가진 배연구를 설치하거나 소방관계법령의 규정에 적합한 기계식 배연설비를 설치하도록 규정하고 있다.

우리나라의 건축법상 지상 6층 이상에 배연설비 설치시 배연창 사용이 가능하도록 되어 있어 빌딩의 높이가 높아질수록 외기의 영향을 크게 받게 된다. 따라서 고층 부일수록 배연창이 풍압으로 인해 제 역할을 할 수 없을 뿐 아니라 태풍이나 돌풍 등으로 인하여 배연창이 탈락하는 위험성도 가지고 있다. 또한 연돌효과의 문제점도 발생할 수 있으므로 기계식 배연설비를 설치해야 한다. 그러나 배연설비를 설치할 경우 층고를 높여야 하므로 초고층 빌딩의 경우 큰 지장이 되고 있다.

초고층 빌딩의 지상층에 설치하는 배연설비는 외국의 사례와 같이 화재층 배기, 그리고 그 상하층 급기 방식을 채택하고, 또한 풍량과 풍압을 제연커텐의 높이에 따라 일률적으로 적용하기 보다는 용도별로 풍량과 풍압을 규정하여야 하며, 그 기준량을 완화할 필요가 있다.

4. 결론

본 연구에서는 초고층 건축물의 국내 제연기준을 조사 및 분석하고 이에따른 문제점을 도출하여 개선방안을 제시하는데 그 목적이 있다. 조사된 바에 의하면 국내에서 적용되어지고 있는 제연설비 기준은 우리의 실정에 맞지 않는 부분들이 있다고 보여진다. 국내의 기준들은 세부항목에서 제연기준 요소들이 미흡한 것으로 보여졌다. 다양한 건축물의 특징에 따른 적용이 아닌 일괄적인 적용을 통한 제연설계가 이루어지고 있으며 이러한 현실에서 실제적인 제연성능을 기대하기란 어려울 것으로 보인다.

초고층 빌딩에서는 연돌효과 방지를 위하여 특별피난계단을 20~25층마다 층간 구획이 가능하도록, 그리고 특

별피난계단의 계단실 최상부에는 화재시 최상부에 체류하는 연기를 배출하기 위한 배기구를 설치하도록 건축법상의 특별피난계단구조에 대한 규정의 개선이 필요하다.

건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙 제 15조 계단의 설치기준에 의해서 문화 및 집회시설, 판매시설, 기타 이와 유사한 용도로 쓰이는 빌딩의 경우와 바로 윗층의 거실 바닥면적이 200㎡, 거실 바닥면적 합계 100㎡이상인 지하층의 경우 계단 폭을 1.2m이상으로 하도록 규정하고 있다. 수용인원을 고려하지 않고 면적으로 정해지는 계단폭은 피난 시 피난자들의 혼잡이 우려된다.

바닥 면적에 따라 규정되어진 배연설비는 지상 6층이사에 배연설비 설치 시 배연창 사용이 가능하게 되어있어 높이에 따라 외기의 영향을 받게 된다. 이때의 배연창은 풍압으로 인해 제 기능을 하기 어려울 뿐 아니라 연돌효과의 문제점도 야기할 수 있다.

국내의 기준이나 법규들은 충분한 연구 결과들을 토대로 만들어진 것이 아니라 외국의 기준을 참고하여 만들어졌기 때문에 지속적인 제연기준에 대한 수정이나 보완이 필요하다. 국내에서도 초고층 건물 관련규정에 대한 관계법령이 일부 정비되어지고 있고, 여러 법령들이 신설되어질 것으로 보인다. 일부 정비된 법령들은 다음과 같다. “중간 대피층” 설치 의무화 (건축법 시행령 제34조), “직통계단”의 설치 규정 완화(건축법 시행령 제34조), “배연설비”의 설치 규정 완화(건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 제14조), “피난 전용 승강기” 설치 신설 (건축법 시행령 제64조), 초고층건축물에 피난안전구역 설치 의무화 (안 제34조제3항)가 있다. 앞으로도 여러 연구를 통하여 국내의 제연기준의 문제점을 파악하고 그에 따른 개선이 필요할 것이다.

참고문헌

1. 허영준(2001). 기계제연시스템의 문제점과 개선 대책에 관한 연구, 석사학위 논문, 경기대학교 대학원
2. 행정자치부고시 제2004-30호(04.06.04).특별피난계단의 계단실 및 부속실 제연설비의 화재안전기준(NFSC 501A)
3. 조재훈(2005). 고층 주거건물에서 연돌효과로 인한 압력분포 예측 및 평가, 박사학위논문, 서울대학교 대학원
4. 강석진; 강부성, (2007). 전문가집단을 통해 본 초고층 건축물의 법제 개선 방향,대한건축학회 논문집.
5. 최승혁(2008). 초고층 건물의 제연설비 개선 연구, 중앙대학교 대학원 석사학위연구
6. 여용주(2008). 초고층 건물의 성공적인 연기제어를 위한 연돌효과 대책, 한국설비기술협회 설비/공조·냉동·위생