기계 제연시스템의 문제점과 개선 대책에 관한 연구

- 고층 공동 주택을 중심으로 -

허 영 준/ 사업이사
대한주택공사 기계설계처(benhur@jugong.co.kr)

유 철 권
대한주택공사 기계설계처(yooch@jugong.co.kr)

서 론

연구의 배경 및 목적

도시의 과밀화와 건축기술의 발달은 주거환경의 큰 변화를 가져왔다. 도시의 과밀화는 공동주택을 비롯한 건축물의 대형화와 고층화 추세를 촉진시키고 공동주택의 고층화는 안전성, 그 중에서도 거주자에게 가장 위협적인 것은 화재 위험이라 할 수 있다. 특히 화재위험 요소 중에서도 인간에게 치명적인 위해요소로 작용하는 연기의 확산을 효과적으로 제어하는 문제는 방화공학에서 매우 중요한 연구의 대상이 되고 있다.

제연설비는 화재 또는 기타의 사고 등으로 발생한 연기, 유독가스 등이 사람이 거주하는 공간이나 피난로(복도, 계단전실, 피난계단)에 침입하는 것을 방지하고 침투한 연기를 기계력 또는 자연력으로 제어하여 피난한계농도 이하로 유지 함으로써 불특정 다수가 안전한 장소로 피난 할 수 있도록 지원함과 동시에 소방대원의 화재 진압활동을 지원하는데 있다.

화재로 인한 사망자 중 연기피해에 의한 사망자의 비율이 우리나라에서는 45 %, 일본은 40 %, 영국은 50 %, 미국은 80 %로 집계되고 있으며 이러한 사실로 미루어 볼 때 건축구조나 생활수준의 선진화 정도에 따라 사망자의 비율이 높게 나타나고 있으며 우리나라에서도 점차 그 비율이 증가할 것으로 예상된다.

따라서 본 연구에서는 일정 규모이상의 공동주택에 법적으로 설치가 의무화되어 있는 제연설비 시스템의 문제점과 개선대책 방안을 도출하기 위하여 제연설비시스템의 사용 실태와 현장측정 실험을 통하여 문제점을 조사·분석하고 초고층 공동주택의 화재시의 연기제어를 효과적으로 제어하기 위한 제연설비 시스템에 관한 개선방안을 제시코자 한다.

화재 발생 현황 및 특성

화재 발생의 주요원인

오늘날 고도의 경제성장과 국민생활양식의 변화로 주거환경도 초고층화, 복합화로 인하여 화재의 위험성은 더욱 증가하고 있는 실정으로 최근 10년간 화재발생 건수는 매년 평균 8.8 %씩 증가하여 2000년도에는 34,844건의 화재가 발생하여 '91년도 보다 111.5 %가 증가한 것으로 나타났다.

화재로 인한 사망사고는 지난 10년간 연평균 0.3 %의 증가하여 2000년도에 531명의 사망자가 발생하였으며, 화재발생의 원인을 분석해 보면, 사람들의 취급 부주의에 의한 화재가 대부분을 차지하고 있으며 특히 전기 시설이나 전기제품 등 전기에 의한 화재가 1만1,796건(33.9 %)로 가장 많고, 그 다음이 담배에 의한 화재로 4천 303건(12.3 %), 세 번째는

<표 1> 2000년도 장소별 화재발생현황

구 분	발생건수 (%)	인명피해 (사망/부상)	재산피해 (백만원)
주택·아파트	9,734(27.9)	308/801	26,989
차 량	5,871(16.8)	57/108	11,414
공장·작업장	3,973(11.4)	30/276	49,607
음식점	1,990(5.7)	33/138	9,624
점 포	1,741(5.0)	16/108	11,882
창 고	957(2.7)	3/17	7,651
사업장	521(1.5)	11/42	2,987
호텔·여관	315(0.9)	14/60	828
학 교	234(0.7)	1/8	717
선 박	127(0.4)	1/20	1,082
시 장	65(0.2)	0/5	826
계	34,844건	531/1,853명	151,972

자료 : 행정자치부, 1992~2001, 화재통계 연보.

방화(放火)로 2천 559건(7.3 %)으로 이전과는 다른 양상을 나타나고 있다. 최근 10년 간의 화재 발생 및 피해현황을 요약하면 **표** 1, 2와 같다.

공동주택의 화재 위험성 분석

• 공동주택의 화재 발생추이

화재의 변화추이는 **표** 2와 같이 지난 10년 간 전체 화재발생이 111.5 % 증가하였으며, 공동주택의 화재 발생 증가는 279.4 %로 거의 3배에 달하고 있다. 인명피해에 있어서도 지속적인 증가 추세를 보이고 있다. 이는 주거의 형태 중 공동주택의 점유비율의 증가에 따른 원인으로 판단된다.

• 공동주택의 사망자 발생 빈도

화재로 인한 사망자의 발생빈도는 **그림** 1과 같이 화재 발생장소 전체를 기준으로 10년 간 화재 1,000건당 주거용도인 공동주택과 주택을 제외한 기타 장소에서는 14.2명이 사망하였다. 그러나 공동주택의 경우는 화재 1,000건당 34.4명으로 타용도에 비해 2.4배의 사망률을 나타내고 있으며, 주택의 경우에는 44.9명으로 기타용도에 비해 3.2배에 달하는 높은 사망률을 나타내고 있다. 이상에서 알 수 있는 바와 같이 주거용도의 건축물이 상대적으로 화재로 인한 인명손실이 높다는 것을 알 수 있다.

공동주택 거주자의 특성

• 거주밀도

화재시 거주자는 화열과 연기 등 화재 생성물질로부터 복도, 계단 등의 피난경로를 통하여 안전한 장소로 피난하게 되며, 이 경우 생존과 직결되는 피난에 영향을 미치는 요소는 1차적으로 거주밀도(인/m^2), 이동거리(m), 보행속도(m/s), 출구 및 복도의 폭(m) 등이며, 2차적으로 거주자의 특성, 화재하중(kg/m^2), 연기의 유동특성 등이 피난시간에 중요한 요인으로 작용하고 있다.

거주밀도에 대한 기존의 국내 · 외의 연구결과 공동주택은 타 용도의 건물에 비해 상대적으로 거주밀도가 낮은 편으로 **표** 3과 같다. 한국의 거주밀도는 일본의 기준과 큰 차이가 없는 것으로 조사되었으며, 세대당 침실수가 적을수록 거주밀도가 높게 나타나고 있다.

• 피난곤란자

화재시 피난곤란자를 신체적, 정신적 능력이 상대적으로 취약한 "10세미만의 어린이, 60세 이상의 노인, 장애자(지체, 시각, 청각, 언어, 정신장애)"로 규정하고, 1999년 서울 및 수도권의 공동주택 731세대를 대상으로 조사한 결과 거주자의 약 1/4인 24.33%가 피난곤란자로 화재시 이들의 피난을 위해

<표 2> 최근 10년 간 공동주택의 화재발생 변화 추이

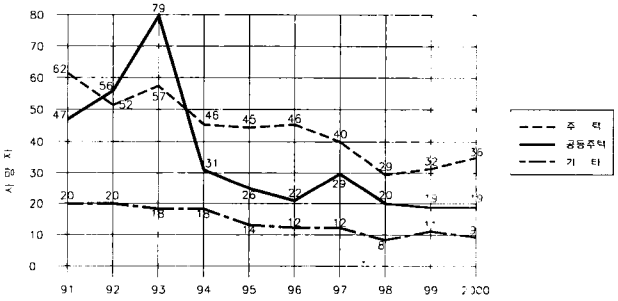
구분 / 연도	총 화 재			공동주택 화재		
	화재건수	인명피해		화재건수	인명피해	
		부상자	사망자		부상자	사망자
'91	16,478	1,256	525	494	57	23
'92	17,485	1,237	510	555	66	31
'93	18,747	1,204	573	730	144	58
'94	22,043	1,324	555	839	83	26
'95	26,071	1,648	571	979	94	24
'96	28,665	1,634	589	1,132	110	25
'97	27,472	1,631	564	1,242	114	36
'98	32,664	1,779	505	1,925	143	37
'99	33,856	1,825	545	1,953	155	37
2000	34,844	1,863	531	1,874	140	37
증가율(%)	111.5	48.3	11.1	279.4	145.6	60.8

※ 자료 : 행정자치부, 1992 ~ 2001, 화재통계연보.

<표 3> 기존의 건축물 용도별 거주밀도

용도 / 거주밀도	백화점,슈퍼, 업무용빌딩	총 화 재		공동주택 화재	
	일본	일본	한국	일본	미국
(인/m^2)	0.25~1.5 (유효면적)	0.16~0.25 (유효면적)	0.066~0.11(총면적) 0.044~0.076(유효면적)	침실 수에 1을 더한 수	0.056 (Gross floor area)
(m^2/인)	0.6~4	4~6.25	9.01~15.00 13.16~22.72	-	18

※ 자료 : 신.건축방재계획지침, 일본건축센터, 1985.



[그림 1] 10년 간 화재 1,000건당 사망자 수

<표 4> 공동주택의 피난 곤란자 단위 (%)

구 분	인구수 (731세대)	10세 미만 어린이	60세 이상 노인	10세이상 60세 미만	합 계
공동주택	2,799	476(17.00)	174(6.22)	31(1.11)	631(24.33)

적극적인 피난의 수단으로 비상용 엘리베이터를 이용하는 방안 등 적극적인 대책이 필요할 것으로 판단된다.

따라서 공동주택의 거주자는 타용도에 비해 거주밀도는 상대적으로 낮으나 다음과 같은 거주자 특성이 피난계획시 고려되어야 한다. 첫째, 주거라는 용도상의 특성으로 인해 노약자 등 신체적 기능이 떨어지는 사람들(피난곤란자)이 거주하고 있어, 신속한 대피가 곤란할 경우 많은 인명피해가 우려된다.

둘째, 화재로 인한 사망자가 주로 야간에 발생한다는 것은 거주자의 대부분이 수면상태에 있어서 화재발생의 통보와 전달이 지연되어 신속한 피난의 실패에 따른 결과로 판단된다. 따라서 신속한 정보의 전달은 물론 피난에 필요한 충분한 시간동안 안전한 피난경로의 확보가 반드시 필요하다고 본다.

제연시스템의 이론적 고찰

제연설비는 방호공간에 있는 불특정 다수인을 연기로부터 안전한 장소로 피난할 수 있도록 지원해주는 설비로서 소화설비 못지 않게 매우 중요한 설비이다.

일반적으로 연기농도가 높으면 연기입자에 의한 빛의 차폐효과 때문에 투과거리가 저하된다. 이것은 연기의 시정저해효과라 하고 피난과 소방활동에 현저한 장해가 된다. 피난 한계시야는 그 건물을 잘 알고 있는 사람과 그렇지 않은 사람에 따라서 다르다. 방호공간의 구성을 잘 아는 사람의 피난한계시야는 3~5 m, 피난한계 연기농도는 0.2~0.4이지만 건물을 잘 알지 못하는 사람의 경우는 피난한계시야가 20~30 m, 피난한계 연기농도가 0.07~0.13이다. 실험에 의하면 약 10 %의 사람들이 시계 10 m의 연기가 차 있는 복도를 통과하지 못하고 되돌아 왔다.

화재실의 연기농도가 30인 경우(검은 연기가 나는 경우)는 연기를 100배 희석해야 피난이 가능하다는 것을 뜻한다. 이상에서 언급한 바와 같이 화재시 최소한의 공기로 연기를 효과적으로 제어 및 제거하는 시스템을 제연시스템이라 하며 이에 대한 고려 대상은 다음과 같다.

주요 건축부재의 연소생성물

화재시 발생되는 화재가스는 단일물질인 경우가 거의 드물다. 오늘날 흔히 사용되는 셀룰로오즈는 연소시 175가지의 해로운 생성물이 만들어지는 것으로 그 중에서 약 150가지 정도만이 확인되었다. P.V.C는 약 70가지의 해로운 물질을 생성하는 것으로 보고 있다. 최근에 많이 사용되고 있는 건축자재중 프라스틱 등의 유기합성재료는 화재시 다양한 유독가스를 발생시킨다.

연기 확산의 주 원인

연기유동은 저층 건물에서 열, 대류이동, 화재압력과 같은 화재의 양상이 연기유동을 일으키는 주요한 원인이 되고 특히 고층 건물에서는 이와 같은 요인들은 굴뚝효과, 건물내부와 외부공기 사이의 온도와 밀도 차이로 인한 수직확산 공기유동에 의해 더 큰 영향을 받게된다. 고층 건축물에서 연기유동을 일으키는 주요원인으로 작용하는 요소에 대하여 정리하면 열팽창, 부력에 의한 압력변화, 스프링클러작동에 의한 압력차, 건물내의 굴뚝효과, 기류에 의한 영향, 바람의 영향, 피스톤 효과, 공조시스템에 의한 영향으로 정리된다.

제연시스템의 분류

연기제어의 목적을 위해서는 방연 및 배연을 통한 여러 가지 수단이 고려된다. 실제로 이용되는 연기를 제어하는 방법을 크게 대별하면 자연제연방식, 기계제연방식 등이 있다.

• 자연제연방식

화재에 의해서 발생한 열기류의 부력 또는 외부의 바람의 흡출효과를 이용하여 실의 상부에 설치된 창 또는 전용의 배연구를 통하여 연기를 옥외로 배출하고 지하부의 급기구를 통하여 급기함으로써 연기를 제어하는 방식이다.

• 기계제연방식

동력급기 및 동력제연방식, 동력급기 및 자연제연방식, 자연급기 및 동력제연방식이 있으며 기계동력을 이용하여 연기를 제어하는 방식이다.

각국의 제연시스템 설치기준

• 한 국

국내 배연설비의 설치기준은 건축물의 설비기준 등

에 관한 규칙 제14조와 소방법 기술기준규칙에 규정하고 있으며 그 내용을 요약하면 다음과 같다.

- 특별피난계단 및 비상용승강기의 승강장에 설치하는 배연설비의 구조
  ① 배연구 및 배연풍도는 불연재료로 화재가 발생한 경우 원하게 배연시킬 수 있는 규모로서 외기 또는 평상시에 사용하지 아니하는 굴뚝에 연결할 것
  ② 배연구에 설치하는 수동개방장치 또는 자동개방장치(열감지기 또는 연기 감지기에 의한 것)는 손으로도 열고 닫을 수 있도록 할 것.
  ③ 배연기는 배연구의 열림에 따라 자동적으로 작동하고, 충분한 공기배출 또는 가압능력이 있을 것
- 특별피난계단 및 비상용승강기 승강장의 제연설비 설치에 관한 기술기준
  ① 제연구역 선정
  · 계단실 및 그 부속실을 동시에 제연
  · 부속실만을 단독으로 제연
  ② 차 압
  · 설계기준으로 하는 차압은 50 Pa
  · 출입문이 일시적으로 개방되는 경우 기준에 의한 차압의 70 %이상 유지
  · 계단실과 부속실 동시 제연하는 경우 : 부속실의 기압은 계단실과 같게 하거나 계단실 기압보다 5 Pa 이상 작지 않게 한다.

<표 5> 자연배연방식

구 분	특별피난계단 부속실	비상용승강기 승강장	부속실과 승강장 겸용시
창의 유효면적	2 m^2 이상	2 m^2 이상	3 m^2 이상
설치높이	천장 또는 벽의 상부, 천장높이에의 1/2이상에 설치		
조작	수동개방장치 바닥으로부터 0.8 m≤h≤1.5 m 위치에 설치하고, 보기 쉬운 곳에 사용법 표시		
재료	연기에 접하는 부분은 불연재로 한다.		

<표 6> 기계배연방식

구 분	특별피난계단 부속실	비상용승강기 승강장	부속실과 승강장 겸용시
급기구개구면적	1 m^2 이상	1 m^2 이상	1.5 m^2 이상
급기풍도단면적	2 m^2 이상	2 m^2 이상	3 m^2 이상
배연기	4 m /s 이상	4 m^3/s 이상	6 m^3/s 이상
재 질	배연구, 배연풍도, 급기구, 급기풍도, 그 외 연기와 접하는 배연설비부분은 불연재료로 한다.		
배연구의 수동개방장치	수동조작 가능한 부분은 바닥으로부터 0.8 m≤h≤1.5 m위치에 설치하고, 사용법을 표시, 배연구는 1.8 m 높이 이상에 설치		
배연구의높이	천장높이의 상부 1/2 이상에 설치		
급기구의 높이	바닥으로부터 벽의 하부(천장까지 높이의 1.2 이하) 상단의 높이를 기준으로 한다.		

• 일본

특별피난계단과 비상용승강기의 급기 및 배기에 관한 일본 건설성 고시 제1833호 및 제1835호에 의한 규준은 다음과 같다.

- 자연배연방식(**표 5**)
- 기계배연방식(**표 6**)

• 미국

- NFPA 92A에서 규정하고 있는 내용을 요약하면 다음과 같다.
  · 최소 추천설계 압력차(가스온도 925℃ 경우) (**표 7**)
  · 비상용 승강기 승강장의 제연
  a) NFPA 101에서 방연계단실은 자연환기의 이용, 부속실을 하나로 통합한 기계적 환기의 이용 또는 계단 실을 가입함으로써 만들어질 수 있다.
  b) 방연계단실은 2시간 내화등급을 갖는 내화벽에 의해 가장 높은 지점에서 가장 낮은 지점까지 방호된 계속적인 계단으로 이루어져야 한다. 부속실이 사용된 경우, 2시간 내화등급을 갖는 계단실내에 있어야 하며, 방연계단실의 일부로 간주되어야 한다.
  c) 계단은 꼭대기에 릴리프 댐퍼 개구부를 갖추고 있어야 하며, 모든 문이닫힌 부속실에 관련된 계단내에서 최소 25 Pa의 정압을 유지하고 있는 동안 릴리프 개구부를 통하여 최소 70.8 m^3/min를 방출할 수 있는 충분한 공기를 기계적으로 공급받을 수 있어야 한다.

• 영국

영국의 규정으로 BS 5588 Part 4 (BS : British Standards Institution 1978)에서는 다음과 같이 요약하고 있다.

<표 7> 방연벽을 가로지르는 최소 설계 차압(수면계 인치)

건물형태	천정높이	설계차압(inch water gauge)
AS	Any	0.05
NS	9 ft	0.10
NS	15 ft	0.14
NS	21 ft	0.18

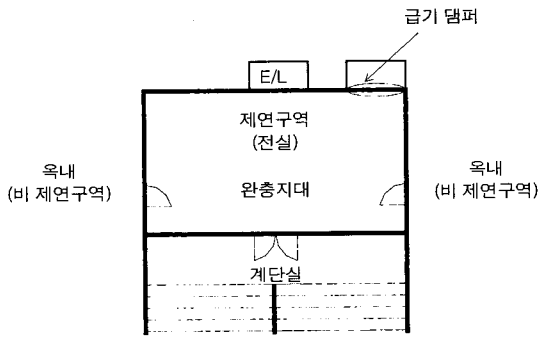
주) 1. 설계 목적에 대해서는 제연설비가 연돌효과 또는 바람 조건하에서 최소압력차를 유지하여야 한다.
2. AS-스프링클러 설치, NS-스프링클러 미설치
3. 0.1inch water gauge = 25 Pa

– 가압방법
· 계단실가압 : 비상시에 건물내의 모든 계단실은 가압되어야 한다
· 계단실과 전체 또는 부분적인 수직경로 가압
· 부속실또는 복도 가압

– 차압
부속실 또는 계단실 제연할 경우 차압은 50 Pa로 하며, 계단실과 부속실의 압력차이는 5 Pa을 넘어선 안된다.

제연설비 시스템의 실태조사

초고층 건축물을 포함한 특수장소에 부설된 특별피난계단 및 비상용 승강기의 승강장의 제연설비는 화재시에 모든 층에서 동시에 작동하는 것으로 규정되어 있으나, 실제로 설계 및 시공된 내용과 관리상태가 차이가 날수 있으므로 실태조사를 통하여 설계, 시공 및 관리상태를 파악하고 개선사안을 예측코자 한다.



[그림 2] 제연설비 개략도

조사대상 및 방법

• 조사단지 선정 및 조사내용

실태조사 건축물은 서울특별시 및 수도권지구의 대형건축물 및 공동주택 중에서 제연설비가 설치된 건축물을 조사대상으로 선정하였고 선정된 건축물에 국한하여 17개 지구를 조사하였으며 조사내용은 제연방식의 적법성, 과압배출장치의 유무, 출입문 전층개폐 여부, 풍도 설치여부, 연기의 배출방법 등을 조사하고 기록하였다.

• 조사결과

표 8 실태조사 내용에 나타난바와 같이 17개 건축물의 실태를 조사한 결과 제연설비 방식에 있어서는 조사대상의 65%인 11개 건축물이 제연설비기준과 동등 이상의 방식으로 설계 · 시공되었으며, 과압배출장치는 41%인 7개 건축물에서 자동차압 · 과압조절 댐퍼 또는 플랩댐퍼를 설치하였으나 기타 건물에는 설치하지 않았다. 또한, 유입공기의 배출방식 역시 24%인 4개 건물에서 수직 풍도 및 배출구 등 채택하여 설치하였으며, 이와 같은 실태로 보아서 대부분의 건물이 제연설비에 대해서는 법적인 조건만 충족하고 실제 화재시의 피난 및 유지관리 부분은 다소 미흡하다.

〈표 8〉 실태조사 내용

빌딩명	제연방식의 적정성	과압배출장치의 적정성 – 자동차압 · 과압댐퍼 – 플랩 댐퍼	유입공기배출의 적정성 – 수직풍도 설치 – 배출구 설치	기 타
A 빌딩	2개층 가압	미설치	배출불량	
B 빌딩	"	"	"	
C 타워	3개층 가압	"	"	제연설비 작동미흡
D 빌딩	적합	적합	적합	차압형성 미흡
E 빌딩	1개층 가압	부적합	부적합	설치되었으나 부적합
F 빌딩	적 합	적합	적합	
G 빌딩	1개층 가압	"	부적합	
H 아파트	1개층 가압	부적합	부적합	출입문 개폐가 피난방향과 반대
I 아파트	1개층 가압	–	–	
J 아파트	적합	–	–	
K 아파트	3개층 가압	부적합	부적합	
L 아파트	적합	적합	적합	
M 빌딩	3개층 가압	"	부적합	
N 빌딩	적합	"	"	
O 빌딩	"	"	적합	
P 빌딩	"	부적합	부적합	
Q 아파트	"	"	"	

현장 측정 실험

• 실험대상 및 방법

실험단지는 실태조사 단지를 기준으로 선정하고 측정실험을 하였으며 실험 단지의 17개 건축물을 대상으로 측정계기를 이용하여 제연방식에 따라 화재시의 연기제어 방식의 적정 개폐율 및 작동여부, 출입문 폐쇄시의 실내와 실외의 차압, 출입문 개방시의 실내와 실외의 차압, 적정 방연풍속 등을 측정하여 기록하였다.

• 실험 결과

– 제연방식의 적정성

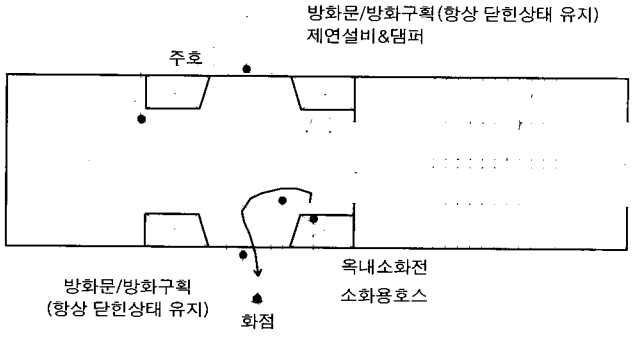
제연설비의 측정실험결과는 **표 9**현장측정 실험내용에 나타난 바와 같이 부속실에 면하는 모든 층의 댐퍼가 개방되는 전층 급기 방식이 가장 적정한 방식이나 이 방식에 적합한 방식은 8개 지구(47%)이며 9개 지구는 1개층 또는 3개층 가압방식을 채택하고 있었다.

– 전층 차압

건축물의 제연방식은 대부분 급기가압방식을 채택하였으나 전층가압방식은 8개 지구(47.1%)이며 제연실에 위치하고 있는 출입문을 전층을 폐쇄한 이후의 차압, 즉, 제연구역과 제연구역밖(옥내)과의 차압이 40 Pa 이상 60 Pa 이하인 건축물은 5개 지구(29.4%)에 지나지 않으며, 급기방식은 다르지만 차압이 범위 근처에 있는 것 역시 11개 지구(64.7%)에 지나지 않는다. 제연실의 출입문을 2개 층 개방하였을 때의 차압은 11개 지구(64.7%)에서 규정치를 벗어나고 있었다.

– 방연풍속

대피를 위하여 제연구역의 출입문을 일시적으로 열었을 때 일시적으로 제연구역의 차압이 영(zero)인 상태의 동압의 유지시에 연기의 침투를 막기 위한 방연풍속은 0.5 m/s 이상이나 기준 이내는 6개 지구(35.3 %)에 불과하고 8개 지구(47 %)는 측정이 불가하였다.



[그림 4] 제연설비 설치도

〈표 9〉 현장측정 실험 내용

빌딩명	제연방식의 적정성	차압(Pa)		방연풍속 (m/s)	기 타
		출입문 전층 폐쇄	출입문 2개층 개방		
A 빌딩	2개층 가압	15-19	측정 불가	측정 불가	
B 빌딩	"	33-38	"	0.3-1.0	
C 타워빌딩	3개층 가압	4-60	"	0.5-1.0	제연설비작동 미흡
D 빌딩	전층 가압	0-40	"	0.6-1.4	플랩댐퍼 설치
E 빌딩	1개층 가압	5-35	"	0.5-0.9	
F 빌딩	적 합	0-30	"	0.3-0.5	플랩댐퍼 설치
G 빌딩	1개층 가압	28-35	3.3-3.4	0.6-1.5	플랩댐퍼 설치
H 아파트	1개층 가압	22-65	측정 불가	측정 불가	출입문 개폐가 피난방향과 반대
I 아파트	1개층 가압	5-50	"	"	
J 아파트	전층 가압	15-53	"	"	
K 아파트	3개층 가압	60-65	"	"	
L 아파트	전층 가압	40-85	28-60	0.3-0.5	플랩댐퍼설치
M 빌딩	3개층 가압	38-60	측정 불가	측정 불가	자동차압,과압조절 댐퍼 설치
N 빌딩	전층 가압	18-50	1-2	0.5-1.2	플랩댐퍼 설치
O 빌딩	"	56-98	28-60	1.1-4	플랩댐퍼 설치
P 빌딩	"	43-57	측정 불가	측정 불가	

제연시스템의 문제점과 개선방안

현행 제연시스템의 문제점

건축물의 화재시 인명피해는 열에 의한 것보다는 오히려 연기에 의한 질식사가 더 많이 발생하였으며 공동주택의 경우 제연설비는 16층 이상의 공동주택 중에서 계단실형 공동주택 2층 이상의 전층 비상용 승강기 승강장인 부속실에 설치토록 되어 있다.

현재 계단실형 초고층 공동주택에서 사용하는 제연설비는 승강장 부속실에 설치하는 제연댐퍼, 계단실에 설치된 유입풍도, 옥탑층 또는 지하에 설치하는 제연용 급기 휀으로 구성된 중앙집중식 제연설비 시스템으로 구성되어 있다.

그러나 이와 같은 현재의 제연시스템은 다음과 같은 문제점을 노출하고 있다.

• 설계 및 시공상의 문제점

초고층 공동주택을 포함한 초고층 건축물에 부설된 특별계단과 비상용 승강기의 승강장에 있어서의 제연설비시스템은 화재시에 모든 층에서 제연설비시스템이 작동되는 것을 전제로 설계 · 시공하도록 되었으나 현행의 제연시스템의 경우 빈번한 법령 개정으로 급기 휀의 위치, 방화문의 위치, 개폐장치, 틈새오차 등, 설계 · 시공이 모두 미흡하며 통일성이 결여되어 있다.

• 성능상의 문제점

공동주택의 제연설비 시스템은 계단실 옥탑층에 설비된 급기 제연팬을 통하여 공기

를 급기하고, 급기된 공기가 덕트를 통하여 비상용 승강기의 승강장인 계단 부속실로 유입되어 계단 부속실을 가압하여 세대 내에서 발생된 연기가 현관문 또는 틈새를 통하여 계단 부속실로 유입되는 것을 방지하는 방식이다.

그러나 하나의 급기 제연팬으로 계단 부속실 전체를 가압하므로 인하여 각 층별 계단 부속실의 가압력이 동일하지 않은 문제가 발생되고 있는 현실이다. 이와 같은 가압력의 차이로 인하여 제연댐퍼 작동시 일부 층의 계단 부속실은 정상적으로 가압되나, 또 다른 층의 계단 부속실은 층별 가압력의 차이로 오히려 가압되지 않고 배기되는 상황이 발생하여 계단 부속실로의 연기 침입 방지라는 본래의 시설물 설치목적을 달성하지 못하는 문제점이 발생하고 있다.

• 유지관리상의 문제점

제연설비는 상시 사용하는 설비가 아니라 화재시와 같은 비상시에만 사용되는 설비로서 비상시의 정상작동을 위해서는 평소의 유지관리가 중요하다. 특히 제연설비의 정상작동을 보장하기 위해서는 급기팬, 각 계단 부속실의 제연댐퍼 모두가 정상 작동되어야 하나 공동주택은 이의 정상 작동 여부를 정기적으로 점검하기가 어려워 비상시의 효율성에 의문이 제기되고 있다.

또한 현재 계단 부속실의 출입문이 방화문으로 되어 있어 비상용 승강기의 승강장 홀내를 어둡게 하기 때문에 채광확보를 위하여 방화문을 개방 사용하고 있으므로 이에 대한 대책이 시급하다.

개선방안

• 설계시공 및 연기제어가 용이한 조닝의 개선

현재의 제연설비는 전층가압 제연시스템을 채택하고 있다. 그러나 전층가압은 장비류가 커지고, 각층별 적정차압 및 방연풍속의 용이한 조절이 어려워 피난성능 확보에 있어 신뢰성에 문제가 있다.

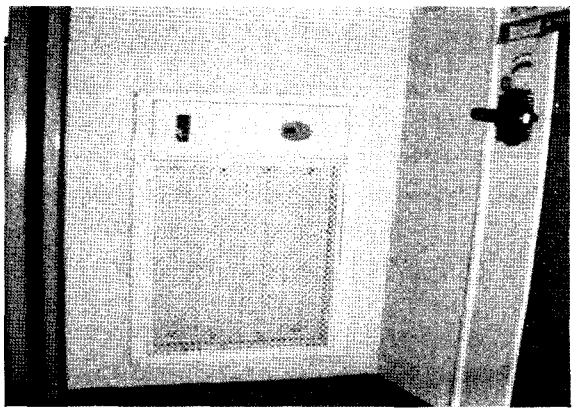
표 9의 현장 측정실험 내용을 보면 최적의 제연설비를 갖춘 건축물에 있어서도 전층 가압방식의 성능은 상당히 미흡하며, 제2장 화재사례에서 조사된 바와 같이 화재시에는 당해층, 직상층이 소손 또는 전소 등 많은 피해를 입고 있으며 직하층도 또한 피해가 있음을 알 수 있다.

따라서 화재시 거주자의 피난을 확실하게 하고 연기로부터 제연구역을 보호하기 위해서는 발화층과 그 직상 · 직하층의 부속실에 한하여 급기 가압하는 3개층 기계식 급기가압 제연시스템으로 개선하여야 한다.

• 성능이 우수한 제연시스템의 도입

표 8의 국내 공동주택 및 초고층 건축물의 제연설비 실태조사에서 저압인 경우는 방화문 및 풍도의 기밀성(또는 공기 저항의 과다)부족에 의한 공기누설량의 과다에 의한 것이며, 과압인 경우는 과압공기배출이 이루어지지 못한다는 점이다. 이를 개선하기 위해서는 설계 및 과정에서의 정밀성 확보와 제연구역의 압력을 일정하게 유지하고 제연구역의 차압상태를 나타내는 디지털 차압게이지를 부착하여 차압상태를 눈으로 볼 수 있도록 하고 차압을 자동으로 일정하게 하는 디지털 자동차압 조절댐퍼를 이용한 디지털 자동제연

[그림 5] 급기팬(옥탑층 설치)



[그림 6] 제연댐퍼(승강기탑승공간설치)

시스템의 적용 등이 적극 검토되어야 한다.

성능측정실험에서 나타났듯이 비상용승강기 승강장에서의 제연설비는 적정 차압(50 Pa±10%)을 유지하고 있지 못해 피난성능 확보에 있어 신뢰성의 문제가 있다.

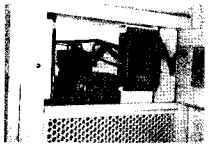
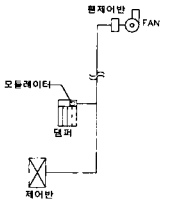
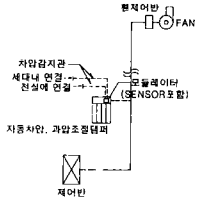
• 제연시스템의 T.A.B. 시행

공동주택은 주인이 입주하여 거주하는 경우가 대부분이므로 제연설비시스템은 그 중요성에 비하여 사전 작동시험 등 성능에 대해서는 입주자의 편의성에 밀려 그 중요성이 후 순위가 될 수밖에 없는 것이 현실이다. 따라서 준공후 일정기간 T.A.B(testing, adjusting, balancing)가 필연적으로 필요하며 아울러 이들의 중요성을 감안하여 법제화하는 방안도 모색되어야 할 것이다.

• 유지관리가 용이한 시스템 채택

공동주택의 제연설비시스템은 화재시에만 사용되는 것으로 유지관리에 어려움이 많으며, 또 화재시에는 관리미비로 인하여 그 성능이 발휘되지 못할 가능성이 많으므로 유지관리가 용이한 제연설비시스템을 채택하여 비상시 적정한 성능을 발휘할 수 있도록 해야 하며 아울러 전문 유지관리 책임자를 선임하여 정기적인 점검을 하는 방안 등이 고려되어야 한다.

〈표 10〉 제연시스템의 비교

구 분	현행 수동식 제연시스템	디지털식 자동제연시스템
구 조	· 구동모터에 의해 on/off	· 센서로 압력을 감지하여 구동모터에 의해 개구율 자동조절 
계 통		
장단점	· 화재시 댐퍼블레이드가 자동조절되지 않아 제연효과 미흡 · 기후, 습도, 날씨 변동에 따른 차압유지 곤란	· 제연구역의 차압을 자동 조절 · 전실 차압이 표시되므로 차압 측정 용이 · 제연성능 향상으로 화재시에 입주자 안전성 증가
공사비	317,000 원/호	280,000원/호 (37,000원/호감)

결론

본 연구에서는 공동주택의 화재사례와 화재특성과 준공되어 입주하고 있는 고층공동주택과 고층건축물의 제연설비시스템의 유지관리 실태를 알아보았고 실제 화재발생시 연기로부터 건축물내의 체류자가 여유를 가지고 용이하게 대피할 수 있는지에 대해 공동주택 등의 현장측정실험도 병행하여 문제점을 도출하였으며 이에 대한 개선방안을 제시하여 향후 효율적이고 실효성 있는 제연설비시스템을 제시하였다. 연구를 통하여 얻어진 결과를 보면 아래와 같다.

첫째, 공동주택의 비상용 승강기의 승강장 및 특별계단의 부속실은 화재시에연기가 침투하지 못하도록 기계식 급기가압 제연시스템을 채택하고 제연설비시스템의 조닝은 발화층과 그 직상 · 직하층의 부속실에 한하여 급기 가압하는 3개층 급기가압 제연시스템으로의 개선이 필요하다.

둘째, 제연시스템에서 화재시에 화재 발화층을 비롯한 전층의 부속실의소요압력을 양(+)압력으로 일정하게 유지하는 방법은 상당히 어려우며, 설사 수많은 현장조정 등을 통하여 일정압력을 유지하는데 성공한다 하더라도 유지관리와 화재시 일부 제연구역의 출입문이 개방되는 경우 나머지 비개방 제연구역의 압력이 저하되는 등 소요압력의 유지는 실로 어렵다.

그러므로 제연구역에 50Pa의 압력을 일정하게 유지하기 위해서는 자동차압 · 차압조절댐퍼를 이용한 디지털식 자동제연시스템의 도입이 필요하다.

셋째, 공동주택은 입주자가 입주 · 거주하는 경우가 대부분이므로 제연 설비는 그 중요성에 비하여 사전 작동시험 등 성능은 입주자의 편의성에 가려서 그 중요성이 후순위가 될 수밖에 없는 현실이다.

따라서 준공후 일정기간 T.A.B.시행이 필연적으로 필요하며 아울러 이들의 중요성을 감안하여 법제화하는 방안도 모색되어야 한다.

참고문헌

1. 日本建築Center, 大規模 建築物의 防 · 排煙 設備 技術 指針, 1998, 知仁堂
2. 전봉구, 건축물 자연배연성능에 대한 이론적 고찰, 1997, 한국소방안전협회
3. 이용재, 고층 공동주택의 피난 특성 및 관련법 규정

의 개선에 관한 연구, 2000.12 한국설비기술협회
4. 서울소방본부 외 3, 제연설비실태조사보고서, 1999, 서울시소방본부
5. 김상욱, 피난로의 Smoke Control을 위한 급기가압, 1997, 한국소방안전협회
6. 원희섭,제연설비의 원리, 2000, 새한공조
7. 건물연기 제어 시스템 기술개발 연구보고서, 2000, 한국기계연구원
8. 윤명오 외, 공동주택의 소방 및 방재계획 개선 연구, 1998, 대한주택공사
9. National Fire Code(NFPA) 92A 제연설비 권장실무
10. 박창복, 특별피난계단 및 비상승강기 승강장의 제연설비에 관한 연구, 1997, 한국소방안전협회
11. 양성환, 건축물의 화재와 연기제어, 1997, 한국소방안전협회
12. 1998 화재통계분석, 1999. 4, 한국소방안전협회
13. 2000 화재통계연보, 2001, 행정자치부
14. 백춘기 외, 공동주택의 소방 및 방재계획 개선 연구, 1993, 대한주택공사,
15. 윤원중, 건축물화재의 연기제어, 1997, 한국소방안전협회
16. 이윤용 외, 소방기술, 1997, 한국화재소방학회
17. 방배연(제연)설비기술 지침, 1998, 일본건축센타, 지인당
18. 山路幸郎 外6, 空調 · 衛生技術 Data Book, 日本森北出版
19. 이용재 외, 고층아파트의 피난 안전계획에 관한 연구, 1999, 한국 · 화재소방학회