

건축물의 피난계획에 관한 기초적 연구 A Basic Study on the Evacuation Plans of Buildings

고 치 원†

Ko, Chi-Won†

홍익대학교 건축공학과

요 약

대규모 건축물이나 고층건축물에서 실제로 이용되고 있는 피난시간 계산법과 피난계획의 실태를 일본건축센터의 “방재계획서”를 중심으로 조사 분석하였다. 표본 수는 충분하였으며 분류는 6개 용도로 나누어 실시하였다. 거실피난의 경우, 대규모공간에 있어서는 출구통과시간이 문제가 되고, 피난대상구획이 작거나 피난자의 수가 적을수록 거실보행시간이 거실피난시간을 결정하고 있음을 알 수 있었다. 층레벨 피난의 경우, 출화점의 위치에 따라서는 계단실 부근에서 체류가 심하게 발생할 수 있음을 알 수 있었다. 수직동선의 경우, 고층빌딩일수록 수직이동시간이 문제가 되고 있음을 실제로 확인하였다. 특수한 피난방법에 대하여는 많은 건축물에서 실질적으로 이용되고 있음을 확인할 수 있었다.

ABSTRACT

With the “Fire Protection Building Plan” of the Building Center of Japan as a sample, actual evacuation plans used for large scaled and multi-storied buildings are analyzed. Sufficient number of samples were classified into 6 categories. For room evacuation, time to pass through the exit was the most critical point for larger spaces and movement time in the room was the key for smaller evacuation object zone and less number of evacuees. Seen from the location of fire breakout point, it was witnessed that the numbers of crowding at the exits of the fire escape staircase are serious for floor level evacuation. For vertical traffic line, it was actually proved that time to fire escaping floor is problem of higher buildings. It was also proved that special evacuation methods are in practical use in many buildings in Japan.

Keywords : Evacuation, Fire Protection, Staircase, Room

1. 서 론

건축물은 그 기능, 형태 등이 건축물의 수만큼이나 다양하고 복잡한 조건을 갖고 있는만큼 시방서적인 제 규정만으로는 화재와 같은 돌발적 위해 상황에 효과적으로 대처할 수 없으며, 또한 각 부위별로 확보되었다 생각되는 안전성능도 건축물 전체레벨이나 건축물과 인간행동과의 유기적 관계에서 어떻게 작동되고 있는가에 대하여는 판단을 내리기 어려운 실정이다. 이러한 문제점으로부터 높은 단계의 성능평가에 대한 관심이 고조되어 왔으며, 미국의 경우 일부 건축물에서 제한적으로 시도된 바 있다. 일본의 경우도 “방재 설계” 혹은 “방화설계”라 불리는 영역이 이에 해당되

나 실제적으로 이를 행하는 데는 고도의 전문성을 요하므로 특수한 경우를 제외하고는 시방서적 제 규정을 지키는 수준에서 그치고 있는 실정이다.¹⁾ 따라서 이와는 별도로 일정 규모 이상의 건축물에 대하여는 “방재계획서”의 제출을 유도하고 이를 전문가 그룹으로 구성된 평정위원회에서 심의 검토하도록 함으로써 건축물의 방재력을 일정 수준 이상으로 높이려 하고 있다.

“방재계획서”의 특징으로서는 건축물의 설계단계에서 구상되어지는 피난계획을 들 수 있으며 이는 구획 구성, 피난경로 설정, 피난시간 계산 등으로 되어 있다.²⁾ 본 연구는 이러한 성격을 갖는 “방재계획서” 상에 나타나 있는 피난계획에 대한 실제적이고 구체적인 사항을 조사 분석해 봄으로써 금후의 연구를 위한 기초자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

† E-mail: labrusca@unitel.co.kr

2. 조사의 개요

전체조사는 심의를 거친 “방재계획서 최종판” 중 입수 가능하였던 981건을 대상으로 하였으며, 이를 6개 용도 및 복합용도로 세분하였다. 분석은 피난계획의 실행태를 파악하기 위하여 거실패난, 층피난, 수직동선, 그리고 특수한 피난방법의 채용여부의 4항목으로 분류하였으며, 이중 거실패난과 층피난에 대하여는 252건을 대상으로 하였다.

3. 분석 및 고찰

3.1 거실패난

3.1.1 피난시간계산법

출화 후 재실자가 화재를 각지하고 피난을 개시할 때까지의 시간을 피난개시시간(避難開始時間, t_i)이라고 하고, 이후 재실자가 거실로부터 퇴거를 완료할 때까지의 시간을 피난행동시간(避難行動時間, t_e)이라 하면, 거실패난시간은 이 두 시간의 합을 의미한다. 이에 대하여 출화 후 피난이 불가능한 상황에 이르게 되는 시간까지를 피난허용시간(避難許容時間, t_h)이라 하면, 피난의 안전성을 확보하기 위해서는 거실패난시간이 허용치 t_h 보다 작아야 하므로 식 (1)과 같이 표현할 수 있다.

$$t_h > t_i + t_e \quad (1)$$

본 연구의 조사대상인 방재계획서의 계산법은 식 (1)을 기본으로 t_h 와 t_e 는 바닥면적의 1/2승에 비례하도록 설정되어 있으며, t_e 는 통로의 폭과 보행거리를 인자로 하여 구하도록 설정되어 있다.

식 (1)의 t_h 는 피난행동에 들어가기 전 단계의 시간으로서 실제 피난에 사용할 수 있도록 허용된 시간은 t_h 로부터 t_i 를 제외한 시간이며 이를 피난가능시간(避難可能時間, t_b)이라 한다면 식 (1)은 식 (2)로 표현할 수 있다.

$$t_b > t_e \quad (2)$$

좌변의 피난가능시간과 같이 피난에 허용될 수 있는 시간과 바닥면적과의 관련성에 대하여는 연층의 높이를 이용하여 검증한 연구보고가 다수 있으며,³⁾ 우변의 피난행동시간과 같이 실제 피난에 걸리는 시간과 통로의 폭 및 보행거리와의 관계는 각국에서 채용하고 있는 피난관련 규정에도 잘 나타나 있다.⁴⁾ 이는 바닥면적의 증감에 따라 통로의 폭과 최대보행거리를 변화시키며 피난시간을 합리적으로 제어할 수 있음을 의

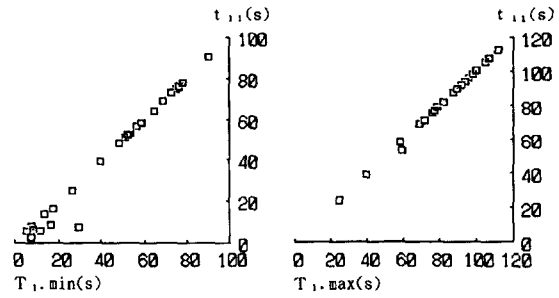


Fig. 1. 점포용도 기준층의 거실패난시간

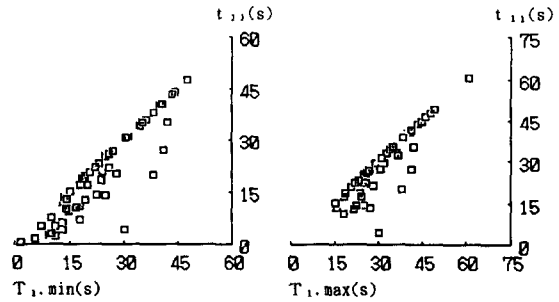


Fig. 2. 사무소용도 기준층의 거실패난시간

미한다.

3.1.2 용도별 거실패난시간

방재계획서에서는 거실패난시간을 출구통과시간(出口通過時間, t_{11})과 실내보행시간(室內步行時間, t_{12}) 중 긴 시간을 채택하도록 정하고 있다. Fig. 1, 2는 점포용도 및 사무소용도의 거실패난시간과 그 결정요소와의 관계를 층내의 최대면적실과 최소면적실에 대하여 프롯트한 결과이다. 프롯트가 대각선상에 위치하는 것은 거실패난시간이 출구통과시간에 의하여 결정된 것을 의미하며, 대각선상에서 벗어나 위치하는 것은 실내보행시간에 의하여 결정된 것을 의미한다.

점포용도의 경우, 층내 최대면적실의 거실패난시간은 총 28건중 27건이 출구통과시간에 의해 결정되었으며, 피난시간도 대략 80~100초 부근에 집중적으로 분포하고 있음을 알 수 있다. 이는 불특정 다수가 대규모 공간을 이용하는 경우에 있어서는 피난시 출입구 주변에서 발생하는 대기행렬이 문제가 되고 이를 해결하기 위해서는 피난자의 수에 맞추어 출입구의 폭을 제어하여야 한다는 종래로부터의 정성적 판단과 일치하고 있음을 보여준다. 또한 층내 최소면적실을 보면 거실패난시간이 짧아질수록 대각선상에서 벗어나 실내보행시간에 의하여 결정되고 있으며 그 기준은 대략 30초 정도임을 알 수 있다.

사무소용도의 기준층은 가변적인 구획사용을 상정하는 것이 일반적이므로 피난계산도 오픈형과 개실형에 대해서 각각 계산하는 경우가 많았으나 본 조사에서는 피난시간이 긴 불리한 경우만을 채택하였다. 따라서 알려진 바와 같이 사무소용도의 일률적인 경향은 볼 수 없었으나, 오픈형과 같이 거실로부터 직접 계단실로 피난하도록 계획하는 경우는 출입구 부근의 대기행렬이 문제가 되는 경우가 많았고, 개실형과 같이 안전구획을 경유하도록 계획된 표본에 있어서는 최대보행거리가 문제가 되는 경우가 많았다. 또한 대부분의 건물에 있어서 대략 30초 부근을 경계로 그 이상일 경우는 출구통과시간, 그 이하의 경우는 실내보행시간에 의하여 거실피난시간이 결정되는 경향을 확인할 수 있었다.

3.2 총피난

3.2.1 복도피난시간

복도피난시간은 동일한 건물에서도 존(zone)의 설정에 따라 달라지므로 피난계획의 적절성을 판단하는 주

요 척도가 된다. 각 용도에 있어서 층내 최대 및 최소 존에 대하여 복도피난시간과 허용치와의 비율을 조사한 결과가 Fig. 3이다. 조사결과, 용도간의 차이는 명확히 나타나 있지 않았다.

Fig. 4는 사무소용도 기준층의 층내 최대 존에 대하여 복도피난시간과 허용치와의 관계를 조사한 결과이다. 사무소의 복도피난시간은 대부분의 표본이 80초 전후에 집중적으로 분포하고 있음을 보여주고 있으며, 이는 법규에서 정하는 직통계단까지의 수평거리 제한이 유효하게 작용한 결과임을 알 수 있었다.

3.2.2 층피난시간

Fig. 5는 용도별로 층피난시간과 허용치와의 비율을 조사한 결과이다. 복도피난시간과 비교해 볼 때, 층피난시간이 전반적으로 높은 수치를 보이고 있으며 이는 계산상 층피난시간이 복도피난시간에 피난개시시간을 더하여 산출되나, 허용치에 비해 피난개시시간을 짧게 설정하고 있기 때문으로 판단된다. 또한 피난개시시간의 경우, 용도별 특성이 가장 명확히 나타나는 인자임에도 단순히 출화실의 바닥면적에만 의존하도록 계산

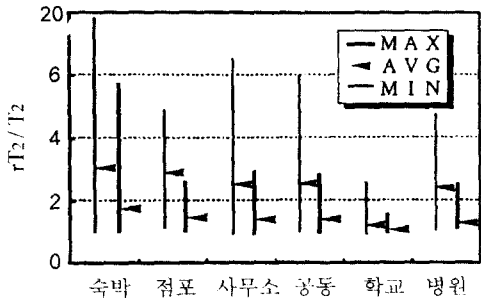


Fig. 3. 용도별 복도피난시간과 허용치와의 비율

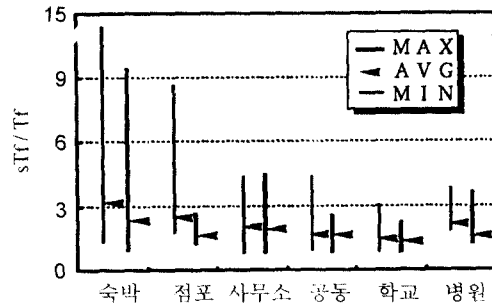


Fig. 5. 용도별 층피난시간과 허용치와의 비율

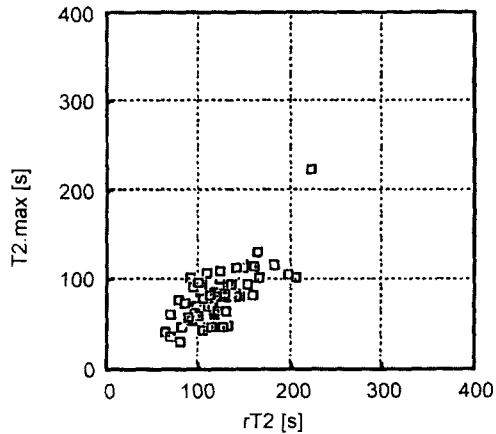


Fig. 4. 사무소용도 기준층이 복도피난시간과 허용치와의 관계

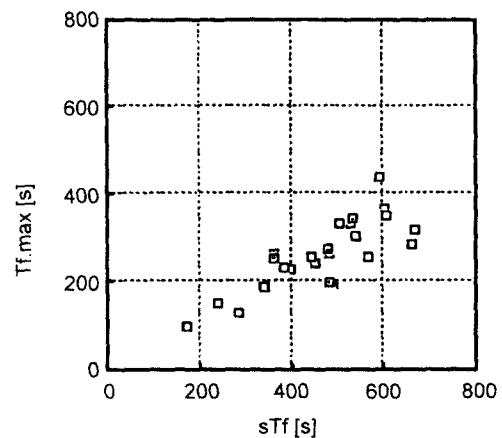


Fig. 6. 점포용도 기준층의 층피난시간과 허용치와의 관계

식이 설정된 것은 계산식의 보완해야 될 부분이라고 판단된다.

Fig. 6은 점포용도 기준층의 층내 최대 존에 대하여 층피난시간과 허용치와의 관계를 조사한 결과이다. 점포용도는 층피난시간이 대부분의 표본에서 200초 이상으로 타 용도에 비해 피난시간이 길고 넓은 범위에 분포하고 있는 것이 확인되었다. 이는 점포용도와 같이 개방된 대규모공간의 경우, 출화점의 위치에 따라서는 피난경로가 길어지거나 복도 끝에서 체류가 심하게 발생할 수도 있음을 보여주는 것이라 할 수 있다.

3.2.3 제1차 안전구획 체류면적

층내 최대체류인원에 대한 제1차 안전구획(복도)의 필요면적과 실제 설계면적과의 비율을 용도별로 조사한 결과가 Fig. 7이며, 점포용도에 대한 것이 Fig. 8이다. 조사결과 숙박용도와 공동주택용도가 약 10~20배의 면적을 확보하고 있는 것으로 확인되었으며, 이는 이들 두 용도가 바닥면적에 비해 피난자의 수가 적고 용도 특성상 복도를 길게 배치하는 경우가 많아 이론상으로는 복도체류가 거의 발생하지 않는 것으로 나타났다. 즉, 이들 두 용도에 있어서는 체류에 대한 문제보다는 화재각지(火災覺知) 등을 통한 피난개시시간을 최소화시키는 것이 더 중요하다는 종래로부터의 판단과 일치하고 있음을 확인할 수 있었다.

점포용도의 경우는 화재시 불특정다수가 동시에 피난하게 되므로 출입구 부분의 체류가 가장 문제가 되는 것으로 알려져 있으나 계산상의 필요면적에 비해

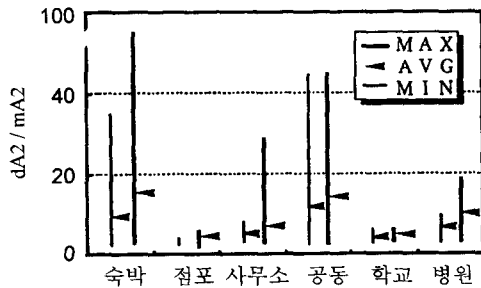


Fig. 7. 용도별 제1차 안전구획의 필요면적과 설계면적과의 비율

Table 1. 층피난의 일차회귀모형 계수치

	β_0	β_1	r^2	$S_{y,x}$
Fig. 4	3.08	0.64	0.49	21.6
Fig. 6	27.06	0.5	0.65	48.06
Fig. 8	-137.8	4.84	0.88	177.75
Fig. 10	9.93	0.81	0.73	5.2

실제적으로는 그다지 많은 면적을 확보하지 않고 있는 것으로 확인되었다. 단, Table 1에서 확인할 수 있는 바와 같이 필요면적과 실제 설계면적 사이에는 높은 상관관계를 보이고 있어 평면계획시 체류를 감안하여 설계되고 있음을 추측할 수 있었다.

3.2.4 제2차 안전구획 체류면적

본 연구에서의 제2차 안전구획의 의미는 제1차 안전구획을 통과한 후 부실 또는 발코니 등을 경유하여 계단실로 진입하는 것으로 한정하였으며, 그 결과 제2차 안전구획의 체류는 제1차 안전구획으로부터의 유출에 지배되고 따라서 필요면적의 규모도 적게 나타났다. Fig. 9는 각 용도별로 필요면적과 실제 설계면적과의 비율을 조사한 결과이며, 사무소용도에 대한 것이 Fig. 10이다.

3.3 수직동선

Fig. 11은 각 용도별로 피난계단 1개가 부담하는 기

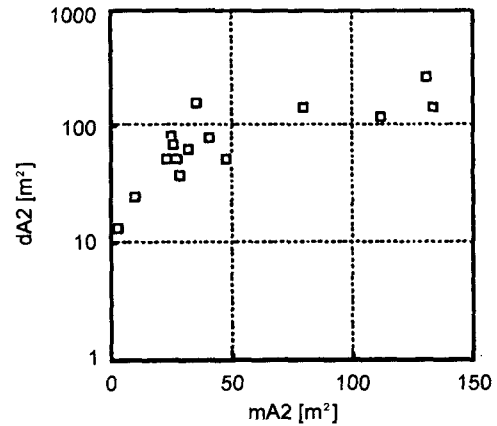


Fig. 8. 점포용도 제1차 안전구획의 필요면적과 설계면적과의 관계

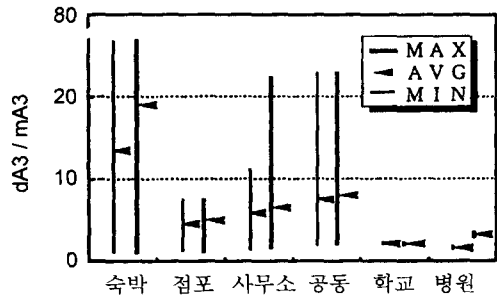


Fig. 9. 용도별 제2차 안전구획의 필요면적과 설계면적과의 비율

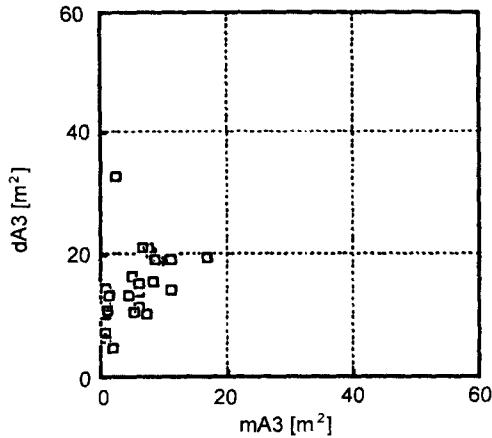


Fig. 10. 사무소용도 제2차 안전구획의 필요면적과 설계면적과의 관계

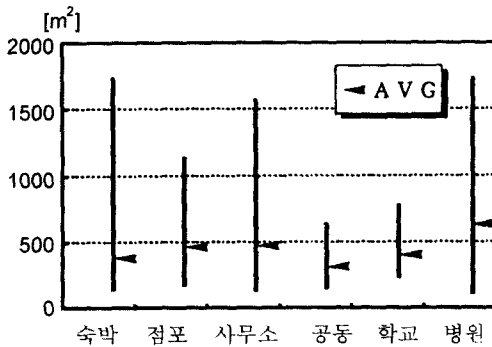


Fig. 11. 용도별 피난계단 1개가 부담하는 기준층 면적

준층 바닥면적을 조사한 결과로서 용도간의 큰 차이는 볼 수 없었고 평균 500 m² 전후로 나타났다. 이는 직통계단까지의 최대보행거리 제한에 의한 결과로 판단된다.

수직동선의 혼잡도, 이동시간 등을 판단하는 척도로서 피난계단 1개가 부담하는 연면적을 들 수 있으며, 조사결과 점포용도가 타 용도에 비해 가장 적은 연면적을 나타내고 있었다. 이는 9층 이하의 표본이 점포용도 전체의 84%를 점하기 때문으로 밝혀졌다. 이와는 반대로 공동주택, 사무소용도의 경우는 조사대상이 11층 이상의 고층빌딩이기 때문에 피난계단 1개가 부담하고 있는 연면적이 가장 큰 용도로 나타났다. 따라서 이들 용도를 포함하여 고층빌딩에 대하여는 피난계획시 수직방향의 피난에도 충분한 고려를 하여야 한다고 판단된다.

계단실내에 진입한 후 피난층까지 이동하는 과정에 타부분과 구획되지 않은 장소를 경유할 경우를 환승으

로 취급하였으며, 조사결과 총 981건의 표본 중 37건이 확인되었다. 이는 대부분 증축의 경우로서 증축된 고층부분에서 내려오다 기존의 저층부분의 옥상을 경유하여 지상으로 피난하도록 계획된 건물에서 확인되었다.

3.4 특수한 피난방법

피난계획시 피난자의 특성이나 평면계획의 특수성에 따라 통상의 피난방법과는 다른 특수한 피난방법을 채택하는 경우를 볼 수 있었으며, 본 연구에서는 수평피난, 발코니피난, 일시농성피난(一時籠城避難)에 대하여 조사한 결과 총 158건이 확인되어 전체건물의 약 15%에서 특수한 피난방법이 채택되고 있음이 확인되었다.

3.4.1 수평피난

수평피난방식은 시뮬레이션의 결과로부터도 통상적인 피난방법과 비교하여 긴급을 요하는 피난시간을 대폭 단축시킬 수 있음이 보고되고 있으며,⁶⁾ 예상했던 대로 전체 병원의 약 13%에서 채용하고 있음을 확인되었다. 그 외에 숙박용도 및 복합용도의 건축물에서는 별동, 증축건물간, 용도간에서 상호 수평피난을 채용한 예를 발견할 수 있었다. 점포용도에서도 수평피난을 채용한 경우를 볼 수 있었으나 재해약자를 위한 것이기 보다는 대규모공간에서 피난의 효율성을 높이기 위하여 “분할피난”을 채택한 경우로 확인되었다.

3.4.2 발코니피난

발코니는 상층연소방지 이외에도 피난경로로서 유효한 역할을 하며,⁷⁾ 본 조사에서도 공동주택, 병원용도에서 다수 확인되었다. 단, 발코니는 “Fail Safe”의 개념으로 사용하도록 지도하고 있어 피난경로로 취급하여 계산한 경우는 전체의 약 15% 정도로 확인되었다. 점포용도에서도 발코니피난을 적극적으로 채택하고 있었으며, 이는 우리와는 달리 점포의 평면 형태가 개방적이며 또한 피난시 충분한 체류공간의 확보가 용이하기 때문인 것으로 판단된다. 그 외에 노유자시설, 복지시설, 철도역사 등에서 발코니피난을 채택하고 있는 것을 확인할 수 있었다.

3.4.3 일시농성피난

화재시 긴급대피가 불가능하거나 자력피난을 기대할 수 없는 경우에 주로 채택되는 방법으로 실제로 조사 대상이었던 병원 53개소 중 37개의 병원 수술실부분에서 채택하고 있는 것이 확인되었다.

4. 결 론

본 연구에서는 일본에서 실용화되어 있는 피난계산

법과 이를 실제로 적용시켜 설계한 건축물을 대상으로 피난계획의 실태를 조사 분석하였다. 그 결과 다음과 같은 판단을 할 수 있었다.

1. 거실부분에서 일제히 피난이 시작되면 피난대상 구획이 클수록, 피난자의 수가 많을수록 출입구의 폭이 문제가 되며, 이는 피난시간이 약 30초 이상이 될 때 더욱 명확해진다. 따라서 일정면적 이상의 거실에 대하여는 출입구의 용량에 여유를 확보하도록 함과 함께 거실내의 2방향 피난에 대하여도 고려하여야 할 것이다.

2. 층내의 각 피난경로에 대한 피난시간은 직통계단까지의 거리를 제한한 결과 일정 시간 내에 수렴하고 있는 것으로 확인되었으나, 계산법의 허용치는 바닥면적의 1/2승에 비례하도록 설정되어 있어 대규모 평면의 경우 과도한 여유율을 갖게 되므로 이에 대한 조정이 필요하다고 판단된다.

3. 점포용도와 같이 개방된 대규모 공간을 방화샷타로 수평구획을 한 경우, 출화점의 위치에 따라서는 계단부근에서 체류가 심하게 발생하고 피난시간이 대폭 늘어나게 되므로 “블록 분할”과 같은 별도의 피난계획을 고려하여야 할 것이다.

4. 피난계단 1개가 부담하는 연면적이 고층건물일수

록 많아지는 것으로 실제 확인되었고, 화재시 계단실내의 피난안전성을 확보하는 데에도 한계가 있으므로, 피난계산법에 수직이 동시간을 고려한 전관피난을 도입할 필요가 있다고 판단된다.

참고문헌

1. 日本建築センター, “新・建築防災計画指針 建築物の防火・避難計画の解説書-”, 9(1995)
2. 日本建築センター, “新・建築防災計画指針 1985年版”, 125(1985)
3. 田中峰義, “建築火災安全工学入門”, 日本建築センター, 254(1994)
4. 高山英之 외 4인, “避難安全規定に関する研究”, 日本火災學會研究發表會概要集, 159(1991)
5. 김운형, Hu Rui, 김 흥, “사무소 건물의 거주밀도 분포와 피난시간 예측”, 화재·소방, Vol. 13, No. 3, 41 (1999)
6. 矢代 嘉郎 외 4인, “高齢者施設における水平避難方式効果”, 日本建築學會大會學術梗概集(A), (1993)
7. 이용재, 이범재, “사례를 통한 공동주택의 피난성능에 관한 연구”, 화재·소방, Vol. 12, No. 4, 67(1998)