

일본의 피난설계 규정

김미경, 김운형, Ichiro Hagiwara*

경민대학 소방안전관리과, *일본 국토 교통성 방화기준연구실

New Evaluation Method of Egress Safety in the Japanese Building Standard Law

Mi Kyung Kim, Woon Hyung Kim, and Ichiro Hagiwara*

Kyung Min College, *Fire Station Division, NILIM, Japan

1. 서론

성능기준 화재 안전 규정이 소방 선진국을 중심으로 점차 도입되고 있으며 재, 일본의 경우, 건축기준법 제정 50년만인 2000년 6월을 기점으로 대대적인 개정을 통하여 기존의 사양 중심적 법체계의 단점을 보완하기 위한 성능 기준적 법규정을 도입하였다. 피난안전 성능 평가방법은 건축기준법 제129조의 2 및 건설성고시 제1441호 “층 피난 안전 검증법”과 제1442호 “전관 피난 안전검증법”에 관한 계산방법에서 제시되고 있다. 성능기준에 대한 관심과 연구가 점점 활발해지고 있으며 현재 사용 중인 피난규정이 일본기준법을 근거로 제정되고 있는 현실을 고려할 때 일본의 성능기준 규정과 검증방법 및 수단에 관한 연구가 필요하다고 판단된다. 본 연구는 일본 건설성 고시 제1441호와 제1442호의 안전성능검증방법 및 1985년에 발간된 ‘신 건축방재설계지침’의 주요내용과 특성을 비교하였으며 미국의 SFPE 및 International Building Code의 피난관련 규정과 비교 분석을 통하여 피난성능검증방식에 대한 고찰을 수행하였다.

2. 일본의 피난성능 검증방법

2000년에 개정된 일본의 건축기준법은 제129조의 2에 신 피난설계방법을 적용한 경우 피난 규정의 일부를 면제하고 있어 제도적으로 다양한 설계 대안이 가능하게 되었다. 설계자는 건설성 고시 제1441호와 제1442호에서 제시하는 상세한 성능기준 평가방법을 통하여 대상 건물의 각 거실(발화실 포함), 각 층, 전체 건물별로 각각의 피난시간을 예측하게 된다. 이 경우 피난성능 평가기준은 “예상되는 화재에 대해 거주자 전원의 피난에 지장이 없을 것”이며, 피난에 지장이 없을 것이란 의미는 화재로 인한 위험에 노출되지 않고 안전한 피난장소까지의 피난로를 확보할 수 있는 조건을 말한다. 즉 예상되는 화재로부터의 발생된 연기의 확대로 거실이나 복도 등의 공간에 인명피해의 위

험을 발생시킬 수 있는 시간 이전에 대상 공간의 피난이 종료되어야 한다.

따라서 피난안전성검증법의 각 대상범위에 대한 계산과정은 거실과 복도의 연기흐름예측에 의한 위험발생시간 예측부분과 거실로부터 계단까지의 피난행동예측에 의한 피난종료시간 예측부분으로 구분되며 설계자는 이 두 부분의 비교 및 평가를 진행한다.

3. 피난안전검증방법과 설계지침방법

2000년 일본 건설성고시의 피난계산방법(이하 피난안전검증방법)과 1985년에 발간된 '신 건축방재설계지침'에서 제시된 피난 계산방법(이하 설계지침 방법)과의 주요 내용을 비교 검토한 결과는 아래와 같다.

1) 적용 범위

설계지침 방법에서는 거실피난과 층 피난에 대해서만 규정하고 있었으나, 피난성능예측방법에서는 거실피난과 층 피난뿐만 아니라 건물피난까지 그 평가대상을 확대하였다. 즉 설계지침의 평가방법은 거실과 복도를 통과하여 피난안전구획으로 진입하면 피난이 종료되는 것으로 생각하였으나, 피난안전검증방법에서는 전체 인원이 모두 건물 외부로 피난을 완료하는 상황까지 고려하여 건물 전체의 피난성능을 평가하고 있다.

2) 피난허용시간

설계지침 방법에서는 피난허용시간을 실의 바닥면적에 의해 결정하며 피난안전검증 방법에서는 실의 높이와 한계 연기층 높이(1.8 또는 H_{lim}), 실의 가연물에 의한 연기 발생량, 그리고 배연량에 의해 결정된다.

3) 피난시간

설계지침방법에서는 피난시간을 재실자가 출구를 통과하는 시간과 출구까지의 보행

표 1. 각 피난허용시간 산출방법의 비교

설계지침방법	피난안전검증방법
거실허용 피난시간 $T_1 = 2\sqrt{3\mu A_1}$	거실허용 피난시간 $t_s = \frac{A_{room}(H_{room} - 1.8)}{\max(V_s, V_e, 0.01)}$
복도허용 피난시간 $T_2 = 4\sqrt{\mu A_{1+2}}$	층 허용 피난시간 $t_s = \frac{A_{room}(H_{room} - H_{lim})}{\max(V_s, V_e, 0.01)}$
층 허용 피난시간 $T_3 = 8\sqrt{\mu A_{1+2}}$	건물허용 피난시간 $t_s = \frac{A_{room}(H_{room} - H_{lim})}{\max(V_s, V_e, 0.01)}$

- 주) A_1 : 층의 모든 거실 및 복도면적의 합계면적 (m^2)
 A_{1+2} : 당해실의 바닥면적 (m^2)
 H_{room} : 당해 실의 기준점에서부터 평균천장의 높이 (m)
 H_{lim} : 한계 연기층의 높이(m)
 V_s : 연기발생량 (m^3/min)
 V_e : 유효배연량 (m^3/min)

시간 중 큰 값으로 결정하였으나, 피난안전검증방법의 피난시간은 재실자가 피난을 개시할 때까지 필요한 시간(t_{start}), 출구에 도달하는 데 필요한 보행시간 (t_{travel})과 출구를 통과하는 데 걸리는 시간(t_{queue})을 합한 값으로 한다.

4) 보행속도

설계지침방법에서는 수평이동만이 고려되는 상황이기 때문에 보행속도를 건물의 용도에 대해서만 분류하였다. 피난안전검증방법에서는 건물의 용도와 더불어 건물전체의 피난이 고려되므로, 수평 및 수직 이동도 포함되어 계단에서의 상향 또는 하향 등 피난 방향에 따른 보행속도를 별도로 규정하고 있다.

5) 유동계수

설계지침방법에서는 모든 피난시간 산출 시 유동계수를 1.5인/m-sec로 동일하게 적용하고 있었으나, 피난안전검증방법에서는 피난경로의 특성과 피난 경로 등의 수용 가능 인수에 따라서 적용한다.

4. 피난안전검증방법의 거실피난, 층 피난 및 건물피난 비교

건설성고시 제1441호 ‘층피난안전검증법에 관한 산출방법 등을 정한 건’과 제1442호 ‘전관피난안전검증법에 관한 산출방법을 정한 건’에서 제시된 거실, 층, 건물피난시간에 대한 계산 방법의 분석결과는 다음과 같다.

1) 피난개시시간 (t_{start})

표 2. 대상에 따른 피난개시시간

피난종류		피난개시시간(분)
거실 피난		$t_{start} = \frac{(A_{area})^{1/2}}{30}$
층 피난	공동주택,호텔,기타 이와 유사한 용도 (병원,진료소,아동복지시설 등은 제외)	$t_{start} = \frac{(A_{floor1})^{1/2}}{30} + 5$
	그 외의 용도(병원,진료소,아동복지시설 등은 제외)	$t_{start} = \frac{(A_{floor1})^{1/2}}{30} + 3$
건물 피난	공동주택,호텔,기타 이와 유사한 용도(병원,진료소,아동복지시설 등은 제외)	$t_{start} = \frac{2(A_{floor2})^{1/2}}{15} + 5$
	그 외의 용도(병원,진료소,아동복지시설 등은 제외)	$t_{start} = \frac{2(A_{floor2})^{1/2}}{15} + 3$

- 주) t_{start} : 화재발생후 재실자가 피난을 개시하는데 소요되는 시간(min)
 A_{area} : 당해 거실 및 당해 거실을 통과하지 않으면 피난할 수 없는 건축물 부분의 각 부분에 대한 바닥면적 (m^2)
 A_{floor1} : 당해 층의 각 실 및 당해 층에 설치된 직통계단으로의 출구를 통과하지 않으면 피난할 수 없는 건축물의 부분의 바닥면적의 합계(m^2)
 A_{floor2} : 당해 층의 각실 및 당해 층을 통과하지 않으면 피난할 수 없는 건축물 부분의 바닥 면적의 합계(m^2)

거실피난의 경우, 건물용도에 관계없이 실의 면적에 의하여, 층 피난 및 건물피난은 건물의 용도에 따라 피난개시 시간이 결정되게 된다.

2) 연기 한계층 높이

거실피난의 경우, 연기한계층 높이는 바닥에서 1.8m 이상의 높이로 일정하게 적용한다. 그러나 층 피난과 건물피난은 다음 표 3과 같이 실의 종류와 개구부의 구조에 따라 적용이 달라진다.

표 3. 연기 한계층 높이의 설정

	실의 종류	개구부의 구조	한계연기층높이(m)
층 피난	계단으로의 출구 등을 가진 실	-	1.8
	그 외의 실	상시 폐쇄식의 방화설비 혹은 수시폐쇄할 수 있고 또한 연기감지기와의 연동하여 자동폐쇄장치를 설치한 방화설비.	당해 실의 바닥면에서 각 출구의 상단까지의 높이 중 최대의 것의 1/2의 높이.
		그 외의 구조	당해실의 바닥면에서 각 출구의 상단까지의 높이중 최대의 것.
건물 피난	구분 없음	상시 폐쇄식의 방화설비 혹은 수시폐쇄할 수 있고 또한 연기감지기와의 연동하여 자동폐쇄장치를 설치한 방화설비.	당해 실의 바닥면에서 각 출구의 상단까지의 높이 중 최대의 것의 1/2의 높이.
		그 외의 구조	당해실의 바닥면에서 각 출구의 상단까지의 높이 중 최대의 것.

5. SFPE/IBC와의 비교 분석

주요피난설계요소를 기준으로 일본의 피난안전검증방법과 미국의 내용을 비교한 결과는 다음과 같다.

1) 보행속도

일본 피난안전검증방법에서는 건축물의 용도, 부분 및 피난방향에 따라 기준이 다르다. SFPE의 경우 방법은 보행속도는 거주밀도를 고려한 실험식으로 제시하고 있다.

$$S = k - 2.86 * k * D$$

여기서, S : 보행속도(ft/sec)
 D : 거주자 밀도(person/ft2)
 k : 상수

표 4. 피난속도 상수 k의 결정

Exit route element		k
Corridor, Aisle, Ramp, Doorway, Stairs		275
Riser(inches)	Tread(inches)	
7.5	10	196
7.0	11	212
6.5	12	229
6.5	13	242

2) 유효유동계수

일본 피난안전검증방법에서는 거실 피난, 층 피난 및 건물피난에 따라 각각 일정한 값을 제시하고 있다. SFPE에서는 아래와 같은 Specific flow 식으로 제시한다.

$$F = S \cdot D = KD - 2.86 \cdot K \cdot D^2$$

여기서 F : Specific flow (person/ft-sec)

3) 거주 밀도

피난 계산에서 매우 중요한 요소인 거주 밀도의 경우, 일본 피난안전검증방법에서는 거실의 종류를 분류하여 계산하거나 고정 값을 적용한다. 미국 IBC 또는 NFPA 101의 거주밀도는 세부적 용도별로 제시하고 있다.

4) Boundary Layer

일본 피난안전검증방법에서는 거실피난 시 거실출구에서는 유효 폭을 결정함에 있어서 부분적으로 Boundary Layer를 고려하며 계단 출구나 피난 층 출구에서는 피난경계층을 고려하지 않는다. 이에 대하여 SFPE에서는 표 5와 같이 적용하고 있다.

표 5. Boundary Layer

Exit route element	Boundary Layer	
	(in)	(cm)
Stairways-wall or side of tread	6	15
Railings, Handrails	3.5	9
Theater chairs, Stadium benches	0	0
Corridor, Ramp walls	8	20
Obstacles	4	10
Wide concourses, passageways	Up to 18	46
Door, Archways	6	15

6. 토의

건축기준법의 개정을 통하여 새롭게 도입된 피난안전 설계방법은 성능기준 피난설계를 위한 첫 단계로 볼 수 있다. 비록 연기모델에 국한하여 피난성능을 평가하기에는 피난안전에 영향을 미치는 여러 가지 중요한 변수 예로서 피난통로의 선택 및 경로과악 상황, 대기상황 등이 제외되고 있으나 향후 보완 연구를 통하여 보다 합리적인 성능기준 피난설계 방법이 개선될 것으로 기대되며 이에 따라 국내 피난관련 규정 또한 성능기준 피난설계방법을 선택할 수 있는 법적, 제도적 뒷받침이 필요하다고 판단된다.

참고문헌

1. 國土交通省住宅局, “建築基準法令集”, 日本建築學會, (2001)
2. “International Building Code”, International Conference of Building Officials, (2000)
3. “Emergency Movement”, SFPE Handbook 2nd Edition.
4. 日本建築센터, “建築防災計劃指針”, 韓國火災保險協會, (1997)
5. 김운형, 이용재, 윤명오, W. E. Koffel, 미국의 피난규정, 한국화재소방학회, 추계학술 논문 발표회, (2000,11)
6. NIST 6588, UJNR Panel on Fire Research and Safety, NIST, (2000)
7. 김운형, “피난계획의 수립, 설계 및 시뮬레이션”, 방재와 보험 2001 가을호, 한국화재 보험협회, P6-P15, (2001)