

화재 대피 시뮬레이터를 이용한 초대형 고층 건물의 화재 대피 계획에 관한 연구

박양수, 임동진
한양대학교 제어계측공학과

A study on the planning for fire evacuation of the high-rise buildings using the fire evacuation simulator

Yang Soo Park Dong Jin Lim
Dep. of Control & Instrumentation Eng., Hanyang University

Abstract - In case of fire in the high-rise buildings, the appropriate and safe evacuation plans for the building residents are very important to minimize the number of casualties. Since the evacuation time usually depends on the floor plans of the buildings, the evacuation plans should be considered while the architectural design is done. Conventionally, the calculation of the evacuation time in the case of fire breakout is based on the approximate mathematical equations which are prone to error. In this study, the simulator model is developed to help the architectural designers to access the more accurate evacuation time and find out the floor plans which offers the most safe evacuation plans for the residents in case of fire.

1. 서 론

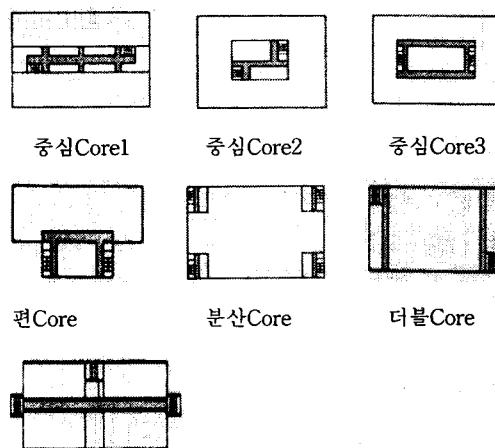
최근, 초고층 빌딩, 인텔리전트 빌딩이 건설되고 있으며, 빌딩의 복잡화, 다양화, 대규모화가 이루어짐에 따라 화재의 재해시 인명 및 재산 피해의 경감을 위해 빌딩의 종합적인 방화 및 피난에 관한 계획의 중요성은 점점 커지고 있다. 이러한 초고층 빌딩의 방화 안전성 확인을 위해 기존에는 사람들이 대피하는데 걸리는 시간과 피난 허용시간을 비교하여 평가하고 있다. 즉, 거실 피난허용시간, 복도 피난허용시간, 층 피난허용시간을 산출하는데 간단한 식을 이용하고 이 기준값과 방화 대피시간을 비교함으로써 피난의 안전성을 평가하고 있다. 그러므로 본 논문에서는 복잡 다양해진 초고층 빌딩을 건설한 후 방화에 대한 안전성 확인을 위해서 시뮬레이터를 이용하여 화재 대피에 관한 보다 실제에 가까운 데이터를 얻고자 했으며, 보다 효율적인 사람들의 대피와 피난의 안전성을 평가하고자 하였다. 본 시뮬레이터는 사무실, 복도, 계단을 모듈화하여 세 부분으로 구성하고, 각 부분에는 사용자가 데이터를 입력하도록 되어 있다. 또한 사람들 종류와 각 충별 사람들이 피난 층까지 대피하는데 걸리는 시간을 산출하여 피난에 대한 안전성을 평가하게 된다. 개발된 시뮬레이터는 기존의 오피스 빌딩에 적용하여, 피난에 대한 안전성 평가를 하는데 중요한 자료로 활용 할 수 있으며, 화재 발생시에 사람들이 보다 안전하게 대피하는데 기여할 것으로 생각된다.

2. 평면계획 및 피난계획

2.1 평면계획

계단 배치는 피난계획에서 가장 중요한 요소이며, 피난 자가 어떠한 방향으로 피난하더라도 안전한 계단에 다다

를 수 있도록 하고, 또한 화염과 연기의 반대 방향으로 피난이 되도록 계획한다. 가급적, 피난은 평면상 분산되게 하고, 명쾌하게 배치해야 하며, 계단 배치는 엘리베이터와 같은 수직방향의 설비 공간을 포함하는 core배치 방법에 의한다.



중간Core

[그림 1. 계단 배치에 의한 평면의 분류]

2.2 피난계획

피난은 열악한 환경에서 이루어지는 경우이므로 비상시의 인간의 심리, 생리를 배려해야 하고, 환자, 신체적으로 또는 판단능력에 장애가 있는 사람, 유아, 고령자 등 건강한 성인과는 동등한 피난행동을 기대할 수 없는 사람들을 배려해야 한다.

2.2.1 피난의 원칙

건축물 내의 모든 부분에서 두 방향 이상의 피난경로를 계획하는 것이 원칙이다. 즉, 어느 정도 이상의 면적이 있는 거실에서는 가급적 서로 떨어진 위치에 두개 이상의 출입구를 설치하고, 복도의 끝 부분은 피난계단으로 연결하여 두 방향 피난을 확보하여야 한다.

2.2.2 피난경로

피난경로는 단순 명쾌한 것이 좋으며, 계단실까지 여러 번 격이는 복도, 각각 이외의 구부러진 곳, 위치를 알기 어려운 피난계단은 피해야 한다. 즉, 피난행동은 물리적, 심리적으로 어려운 상태에서 이루어지므로 연기가 가득 찬 상태에서 피난하는 경우도 가능하여 단순하고 명쾌하

게 하여야 한다.

3. 건물의 화재시 안전성 평가

거실의 피난 평가는 각 거실에 대해 그 곳이 발화실이 된 경우의 피난 시간을 구해 허용시간과 비교 평가한다. 층 피난의 평가는 한 거실을 발화실로 하여 층 전체의 피난자 흐름을 설정하고, 계산된 층 피난 시간과 복도 피난시간을 각각 허용시간과 비교 평가한다.

3.1 인구산정밀도 및 보행속도

각 실의 면적에 인구 산정 밀도를 곱하여 피난 대상인 수를 구한다.

건축용도	대상부분	인구밀도 (인/m ²)	비고
사무실	일반사무실	0.125	
	자사빌딩	0.16	
	임대빌딩	0.25	
	회의실		
	400m ² 이상	1.5	
	400m ² 미만	0.6	
호텔 여관	식당	0.7	
	객실(서양식)	-	베드수
	객실(일본식)	-	수용가능인수
공동 주택	레스토랑	0.5	
공동 주택	주거		침실수에 1을 더 한 값

표 1. 피난 계산용 인구 산정 밀도

사람들의 분류에 따라서, 군집해서 이동할 때와 아무런 제약을 받지 않고 이동할 때의 이동속도는 서로 다르다.

분류	보행속도(m/sec)	
	수평이동속도	계단이동속도
노약자, 유아등	0.8	0.4
방문객, 통행인등	1.0	0.5
건물의 근무자, 경비원, 종업원등	1.3	0.6

표 2. 피난자의 보행속도

3.2 안전성 평가

어떤 층을 발화 층으로 하고, 그 층에 있던 사람들 전원이 계단실 내까지 피난하는 상황을 예측하여, 이에 따라 3종류의 피난시간을 구해 각각에 대한 허용시간과 비교하여, 건축물의 피난 안전성을 검토 평가한다.

$$T_1 \leq \text{거실허용피난시간} (, T_1) = 2\sim 3\sqrt{A_1}$$

$$T_2 \leq \text{복도허용피난시간} (, T_2) = 4\sqrt{A_{1+2}}$$

$$T_f \leq \text{총허용피난시간} (, T_f) = 8\sqrt{A_{1+2}}$$

$$aT_0=2\sqrt{A_1}$$

$$bT_0=2 aT_0$$

$$A_1 : \text{발화실의 면적}(m²)$$

$$A_{1+2} : \text{화재 발생층의 모든 거실 및 복도의 면적 합계}(m²)$$

$$T_1 : \text{거실 피난시간(sec)}$$

$$T_2 : \text{복도 피난시간(sec)}$$

$$T_f : \text{총 피난시간(sec)}$$

$$aT_0 : \text{발화실의 피난개시시간(sec)}$$

$$bT_0 : \text{비발화실의 피난개시시간(sec)}$$

위의 식에서 보듯이 피난시간이 허용 피난시간보다 작거나 같으면 안전하다고 판정하고, 허용시간은 거실 및 복도의 면적에 따라 다르다. 발화실의 피난개시시간은 그 거실의 면적에 따라 변화하며, 비 발화실의 피난개시시간은 거실의 면적에 관계없이 발화실보다 2배의 시간이 걸린다.

4. 시뮬레이션 적용

4.1 시뮬레이션의 가정

- 피난 대상자는 실내에 균등하게 분포되어 있다.
- 피난자는 미리 정해진 경로를 통해 피난한다.
- 보행속도는 일정하고 주월이나 후퇴는 하지 않는다.
- 피난경로가 복수인 경우에는 사람수가 적은쪽으로 이동한다.
- 피난자의 흐름은 병목에 의해서 규제된다.
- 사무실 출구는 폐쇄되지 않는다.
- 서로 다른 곳에서 유입되는 경로에서는 사람수가 많은 쪽이 먼저 이동한다.
- 총 대피인원수는 280명으로 한다.

4.2 평면계획에 따른 시뮬레이션

Type1은 중심Core의 형태로 평면계획을 하여 시뮬레이션을 적용한 것이며, Type2와 Type3는 계단의 위치 및 엘리베이터의 위치를 변형하여 평면계획을 새로이 하였고, 이에 따른 여러 가지 입력파라미터 값을 변화 시켜 시뮬레이션을 적용한 것이다.

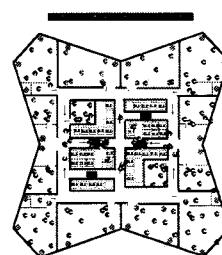


그림 2. Type1의 형태

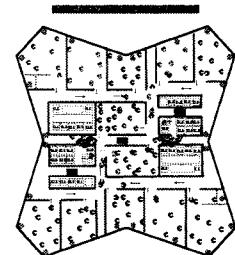


그림 3. Type2의 형태

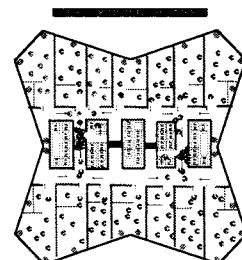


그림 4. Type3의 형태

4.3 평면계획에 따른 시뮬레이션 결과 분석
동일한 평면에서 평면계획을 다르게 했을 때와 피난개시시간을 다르게 했을 때, 시간에 따른 계단 입구까지의 대피를 표와 그래프로 나타내었다.

4.3.1 평면계획을 다르게 한 경우

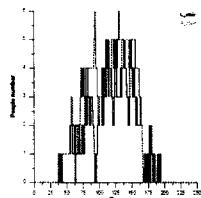


그림 5. Type1 그래프

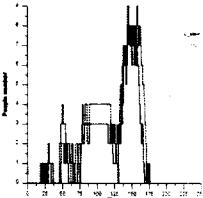


그림 6. Type2 그래프

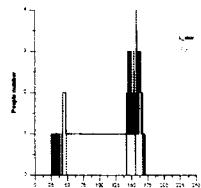


그림 7. Type3 그래프

그래프에서 볼 수 있듯이 Type1이 대피하는데 가장 오랜 시간이 걸리며, Type2와 Type3는 거의 동일한 시간을 나타낸다. 사람들의 혼잡도를 보면 Type1이 가장 혼잡하며 Type3가 대피하는데 혼잡하지 않고 대피하는 것을 볼 수 있다. 이는 평면계획이 복잡하지 않으며, 복도에서 계단으로의 대피가 쉽기 때문이라고 생각된다.

구 분	Type1	Type2	Type3
피난개시시간	0.5sec	0.5sec	0.5sec
피난시간	왼쪽계단	194.1sec	171.1sec
	오른쪽계단	193.1sec	176.1sec
피난인원수	왼쪽계단	141명	137명
	오른쪽계단	139명	143명

표 3. 계단 입구까지의 대피시간

계단별 대피시간 및 인원수는 표3에서와 같다. 표3에서 보듯이 Type3에서 계단별 대피시간과 대피인원수가 동일한 것은 복도와 계단을 사이에 두고 양쪽으로 동일한 평면계획을 가지고 있기 때문이다. 여기서 피난개시시간은 동일하게 적용하였다.

4.3.2 피난개시시간을 다르게 한 경우

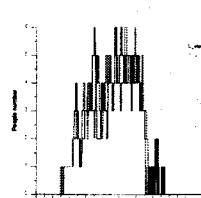


그림 8. Type1 그래프

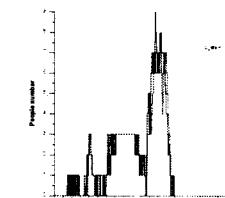


그림 9. Type2 그래프

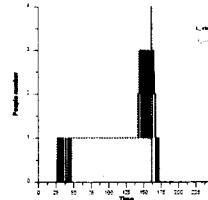


그림 10. Type3 그래프

피난개시시간을 동일하게 하고 시뮬레이션 한 그래프와 거의 비슷하나 이는 피난개시시간의 차이가 작고, 한 평면만을 고려하여 시뮬레이션 했기 때문이라고 생각된다. 그러나 여러 평면이 합쳐진 고층 빌딩의 경우는 상당한 차이가 날 것으로 생각된다.

구 분	Type1	Type2	Type3
피난개시시간	1 sec (0.5sec)	1 sec (0.5sec)	1 sec (0.5sec)
피난시간	왼쪽계단	193.1sec	173.1sec
	오른쪽계단	192.1sec	174.1sec
피난인원수	왼쪽계단	139명	138명
	오른쪽계단	141명	142명

표 4. 계단 입구까지의 대피시간

() : 하나의 거실만 적용

5. 결론

개발된 시뮬레이터를 이용하여 평면계획에 따라서 건물의 화재시 안전성을 평가할 수 있으며, 이를 이용하여 보다 나은 건물의 설계를 할 수 있고, 안전성 평가의 중요한 자료로 활용할 수 있을 것이다.

【참 고 문 헌】

- [1] E.G. Butcher and A.C. Parnell, "Designing for fire safety", JOHN WILEY AND SONS, p206~223, p271~316, 1983
- [2] James Patterson, "Simplified Design For Building Fire Safety", JOHN WILEY AND SONS, 1993
- [3] C Dennis Pegden, Robert E. Shannon, Randall P. Sadowski, "Introduction to Simulation Using SIMAN", McGraw-Hill, 1995
- [4] "ARENA User's Guide", Systems Modeling Co., 1995
- [5] 室岡益輝, "建築防災·安全", 麗島出版會, p125~144, 1997
- [6] 이창규, "건축방재계획지침", 한국화재보험협회, p43~63, p97~160, 1997
- [7] 정영구, 최영배, "건축계획각론", 전우사, 1985
- [8] 이갑조, "건축계획체크리스트-사무소", 화영사, 1권, 1986
- [9] 배중원, "인텔리전트 빌딩 제어 시스템의 성능해석에 관한 연구", 한양대학교, 1996.12
- [10] 이수경, 정용기, 고한목, "건축방화", 의제, p105~127, 1998