

Simulex 모델의 피난개시시간 분석

김운형, 김종훈, Michael Spearpoint*

경민대학 소방안전관리과, *University of Canterbury**

Analysis of Pre-movement Time in the Simulex Model

Woon-Hyung Kim, Jong-Hoon Kim, Michael Spearpoint*

*Kyungmin College, University of Canterbury**

1. 배경

최근 국내 건축물의 화재안전설계 시 화재 및 피난모델링의 적용사례가 증가되고 있다. 특히 불특정 다수의 인원이 집중되는 다중이용시설인 대형할인점, 멀티플렉스, 문화공간, 대형쇼핑몰과 지하철 역사와 같은 다중 이용시설에 대한 피난모델링을 통하여 기존 건축규정의 한계를 극복하고 적정 피난안전을 확보하기 위한 성능기준 피난설계가 정착되고 있다. 현재 국내에서는 피난성능평가를 수행하기 위해 영국 IES사에서 개발, 보급하고 있는 Simulex를 널리 사용하고 있으며, 지금까지 이에 대한 많은 사례와 연구의 결과가 발표되었다.

피난안전성능평가를 통한 성능 기준적 피난설계의 기본개념은 안전한 피난에 필요한 최소시간(Required Safe Escape Time, RSET)에 적절한 안전시간(Margin of safety)을 포함한 적정피난시간 (Available Safe Escape Time, ASET)을 확보하는 것이다.

$$\text{Margin of Safety} = \text{ASET} - \text{RSET}$$

여기서 적절한 안전시간은 여러 가지 다양한 화재시나리오에 관련된 위험도와 설계에 채택된 시나리오에 대한 피난시간을 예측하는 경우 불확실성 등을 포함하여 결정한다.

피난안전설계의 목표는 거주자가 안전한 장소까지 화재로 인한 연기나 유독성 가스등에 노출되거나 영향을 받지 않고 피난을 완료하는 것이다. 그러므로 연기 등의 의한 피해를 직접 받는 상황 이전에 건물내부의 사람들이 피난을 종료하는 시간을 정확하게 예상하는 것이 무엇보다 중요하다.

여기서 RSET의 구성 요소 중 하나인 피난개시시간(Pre-movement time)인자는 전체 피난시간에 미치는 영향이 매우 크며 Simulex 모델에도 이에 대한 고려가 가능하다.

본 연구는 사례분석을 통하여 Simulex 모델의 피난개시시간이 전체피난시간에 미치는

영향을 분석하였으며 이를 통하여 걱정피난시간 예측을 위한 바람직한 입력조건의 설정 근거를 제시하고자 한다.

2. 피난개시시간과 Simulex 모델

피난시간은 거주자의 피난행태나 이동에 관련된 다양한 요소에 따라 결정되며, 피난행태는 크게 이동에 따른 행태와 피난개시 이전의 행태로 구분할 수 있다. 이동행태는 거주자가 피난경로를 따라 이동하면서 관련되는 행태를 포함한다. 피난개시 이전의 행태는 피난경로를 따라 움직이기 이전까지의 거주자의 대응에 관련되는 행태에 관련된다. 피난설계의 평가는 적용되는 화재시나리오에 대하여 요구되는 안전피난시간(RSET)을 계산하는 과정이다. 여기서 RSET의 구성요소는 다음과 같다.

- ① 발화이후 감지까지의 경과시간
- ② 감지이후 거주자에게 피난안내를 하기까지의 시간
- ③ 대피시간
 - a) 피난개시 이전시간 (Pre-Movement time) : 거주자가 비상상황을 인식하고 피난구를 향하여 이동하기까지의 경과시간
 - b) 이동시간 (Travel time) : 안전구역에 도달하기까지의 이동에 따른 경과시간

여기서 발화이후에서 감지까지, 그리고 감지이후 피난정보 전달까지의 시간은 각각, 화재 시나리오와 경보시스템의 능력에 의하여 설정된다. 그러나 피난개시시간은 각 개인 별로 화재에 대한 인식(Recognition)시간과 이에 대한 반응(Response)시간의 두 가지 행태를 가지게 된다. 인식시간은 화재경보가 주어지고 그 경보에 대하여 최초로 반응한 시간 경과에 해당한다. 반응시간은 최초의 반응이 나타나고 피난구를 향하여 최초의 이동이 발생한 시간경과를 말한다.

피난개시시간은 전체 피난 시간의 구성요소로서 최종적인 피난시간을 예측하는데 있어 중요한 요소라 할 수 있다.

Simulex 모델에서 피난개시시간은 반응시간(Response Time)의 설정으로 가능 하다. 피난대상의 반응시간 분포는 Random distribution, Normal distribution, Triangular distribution 등의 3가지 분포 형태를 선택할 수 있으며 각 분포곡선은 평균값(Mean value)과 편차(deviation)를 가진다. 따라서 각각의 분포곡선은 피난자의 이동시간에 영향을 미치며 결과적으로 전체 피난시간을 결정하는 중요한 요소로 작용한다.

3. 피난개시시간 사례분석

Simulex 모델에서의 피난 개시시간이 전체피난시간에 미치는 영향을 분석하기 위하여 3가지 사례분석을 수행하였으며 주요 입력조건은 다음과 같다.

- 건물용도 : 할인매장과 영화관 (Shopper)
- 피난인원 : 인원의 숫자는 임의로 설정.
- 반응시간 분포 : Normal distribution
- 평균값과 편차 : 0, 30초, 60초, 90초, 120초, 150초

최초 피난자의 행동개시시간은 모델링의 시작과 동시인 것으로 설정하였다.

(1) 사례 1. - 개방 공간 (30m×30m)

바닥면적 30m × 30m의 개방된 공간에서 폭 1 m의 피난 문을 1개 설치한 후 450명의 인원을 균일하게 분포시켰다. 피난개시시간이 0으로 설정된 경우는 모두 일제히 피난을 개시하였지만, 개시시간이 설정된 경우는 개인의 출발시간이 달라져, 피난개시시간이 종료될 때까지 정지해있는 인원들을 볼 수 있었다.

피난개시시간의 설정값이 증대되면서 피난완료시간이 증가됨을 볼 수 있다.

표 1. [사례 1.]-개방 공간 (30m×30m)의 피난완료시간 비교

Mean/deviation	0	30	60	90	120	
분석시간(s)	0-0	0-60	0-120	0-180	0-240	인원 450
피난완료시간(s)	4:01.9	4:19.1	4:27.0	4:45.5	4:59.9	
시간증가(s)	0	17.2	25.1	43.6	58	

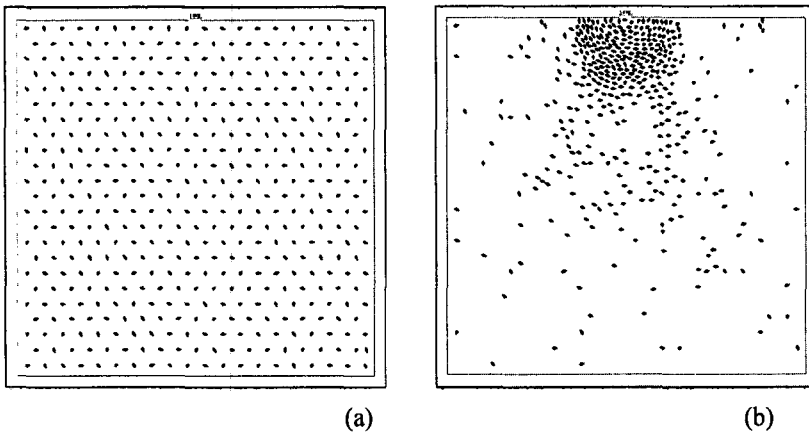


그림 1. 개방 공간 (30m×30m)에서의 인원(450명) 설정(a) 및 개시시간 90초 설정의 1분 42초의 모습(b)

(2) 사례 2. - 영화관 (13m × 24m)

바닥면적 13m × 24m의 영화관에 그림 2에서와 같이 폭 1 m의 피난 문을 1개를 상부, 폭 1.5m의 문 1개를 하부방향에 설치하고 280명의 인원을 좌석에 배치하였다. 영화관에서의 특징은 피난동선을 따라 대피자가 움직이는 경우 좁은 좌석과 피난개시가 늦은 대피자로 인하여 피난이 지연되는 상황을 볼 수 있다. 반응시간의 분포가 증가될수록 정체인

원이 늘어나 피난종료시간이 지체됨을 알 수 있다.

표 2. [사례 2.]-영화관 (13m×24m)의 피난완료시간 비교

Mean/deviation	0	30	60	90		
분석시간(s)	0-0	0-60	0-120	0-180		인원 280
피난완료시간(s)	3:57.7	4:12.2	4:31.3	5:07.3		
시간증가(s)	0	14.5	33.6	71.5		

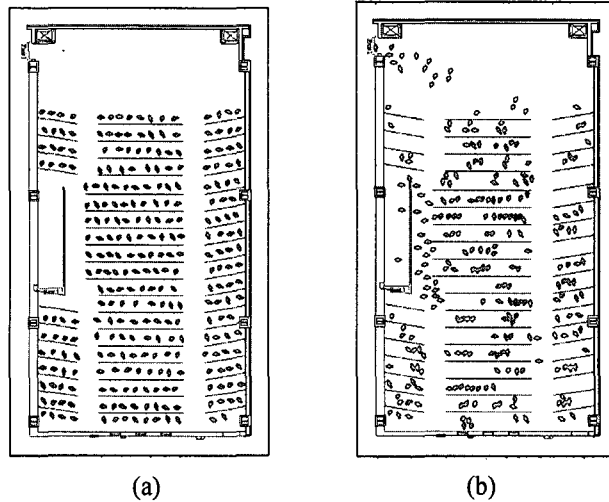


그림 2. 영화관 (13m×24m)에서의 인원(280명) 설정(a) 및 개시시간 60초 설정의 1분 37초의 모습(b)

(3) 사례 3. - 대형매장 (66m × 26m)

바닥면적 66m × 26m의 대형매장 공간에 그림 3에서와 같이 폭 1 m의 피난 문을 2개를 상부에 설치하고 700명의 인원을 좌석에 배치하였다. 대형매장은 피난동선상의 매장분포에 따른 통로 폭 변화로 위 두 가지 사례의 복합적인 양상을 보여준다. 즉 통로가 협소하거나 대피자의 피난이 시작되지 않은 경우에 이동하려는 사람의 이동속도에 장애요인으로 작용함을 알 수 있다.

표 3. [사례 3.]-대형매장 (66m×26m)의 피난완료시간 비교

Mean/deviation	0	30	60	90	120	150	
분석시간(s)	0-0	0-60	0-120	0-180	0-240	0-300	인원 700
피난완료시간(s)	4:39.3	5:06.0	5:21.4	5:43.8	5:59.1	6:46.6	
시간증가(s)	0	26.7	42.1	64.5	79.8	127.3	

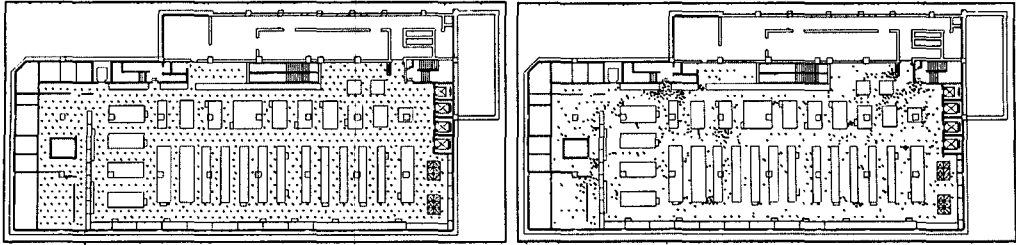


그림 3. 대형매장 (66m×26m)에서의 인원(700명) 설정(a) 및
 개시시간 60초 설정의 1분 22초의 모습(b)

(4) 결과 분석

사례분석 결과, 개방된 공간의 경우에 동시에 피난을 개시한 경우에 비교하여 설정된 개시시간에 비례하여 피난시간도 증가하는 것을 볼 수 있다. 그러나 추월이 가능하여 앞사람에 의한 피난장애 및 정체는 발생하지 않는 것으로 나타났다. 그러나 영화관과 같이 피난통로가 협소한 경우, 피난개시이전까지 움직이지 않는 피난인원이 많아질수록 전체 피난 소요시간이 증가하게 된다. 그림 4에서와 같이 피난개시시간이 증가 할수록 전체 피난시간이 증가되며 특히 피난통로가 협소한 영화관이나 대형매장의 경우에 그 상승 폭이 커짐을 알 수 있다.

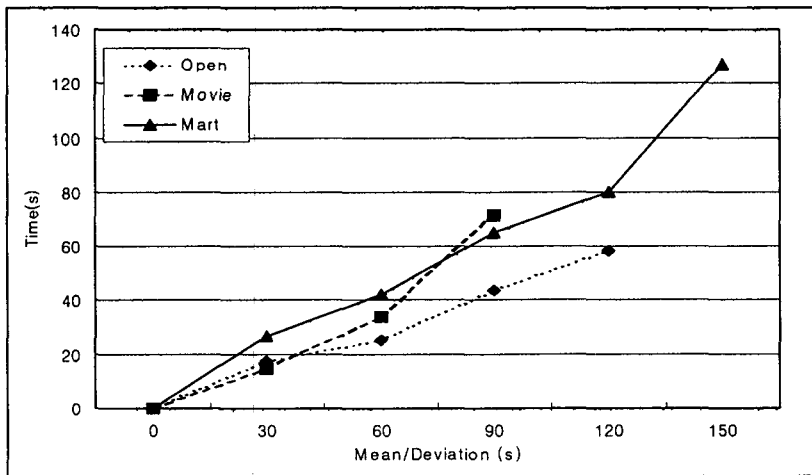


그림 4. 반응시간에 따른 전체 피난시간 증가

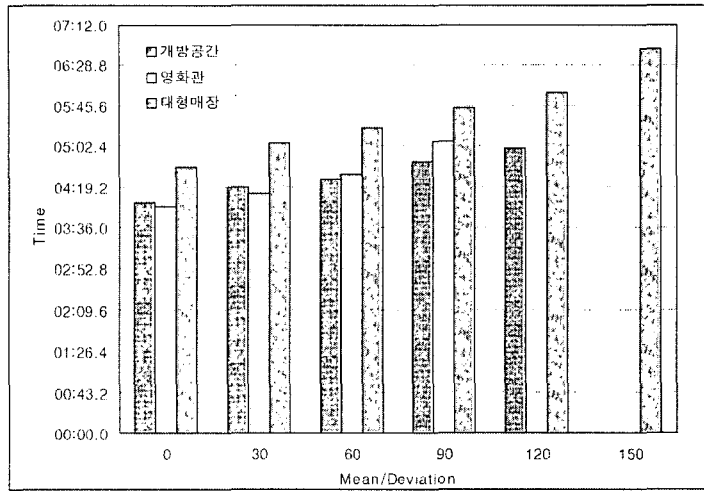


그림 5. 사례별 피난시간의 결과비교 (반응시간 0-150)

4. 결론

Simulex모형을 적용한 사례분석결과, 반응시간분포가 주어진 조건에서의 예측결과는 반응시간을 고려하지 않은 경우보다 대기 및 정체 그리고 이동시간 지체에 따라 전체피난시간에 큰 차이가 있음을 알 수 있었다. 따라서 적용대상의 피난특성이 반영된 피난개시시간 분포조건이 설정이 적정 피난시간 예측을 위한 피난모델링의 신뢰성 수준을 결정하는 주요한 요소가 된다. Simluex 모델의 적정한 피난시간예측을 위하여 향후 다양한 용도와 건물피난조건을 대상으로 거주밀도 변화, 피난개시시간 분포 범위, 대피자의 공간 친숙도, 감지 및 경보시스템, 비상대응 계획 등을 고려한 피난개시시간의 분석이 필요하다고 판단된다.

참고문헌

1. Michael Spearpoint, The Effect of Pre-evacuation Distribution on Evacuation Times in the Simulex Model, Journal of Fire Protection Engineering, Vol 14- Feb. 2004
2. Guy Marlair, J. C. Lecoze, Woon-Hyung Kim., E.R. Galea, Human Behavior as a Key Factor in Tunnel Fire Safety Issues, 6th Asis-Oceania Symposium on Fire Science and Technology, Korea (2004,3)
3. 김운형, David Purser, 건물의 피난시간 설계요소의 분석, 한국화재소방학회 춘계학술논문발표회, (2003.4)
4. 김운형, 윤명오, E. R. Galea, EXODUS 피난모델의 검토, 한국화재소방학회 춘계학술발표회, (2000,4)
5. 김운형, 윤명오, 피난모델의 검토 - SIMULEX, 한국화재소방학회 추계 학술발표회, (1999,11)