

# 할인점 지하매장의 피난성능 개선에 관한 연구

## The Improvement of Evacuation Performance for Discount-Store in Underground

김영일<sup>†</sup> · 윤명오 · 김종훈\* · 김운형\*

Young-Il Kim<sup>†</sup> · Myoung-O Youn · Jong-Hoon Kim\* · Woon-Hyung Kim\*

서울시립대학교 건축공학과

\*경민대학 소방안전관리과

(2001. 02. 12 접수/2001. 02. 28 채택)

### 요 약

본 연구는 현재 급속히 확산되고 있는 대형 할인점의 지하 매장에 대한 피난성능 개선방안을 제시하기 위한 것으로 주요 내용은 다음과 같다.

- 할인매장의 건축적 공간 특성 및 피난 상 문제점 분석
- 지하매장의 거주밀도 분포 조사
- 피난용량 적정성 검토를 위한 피난 시뮬레이션

연구결과, 매장의 실질적인 수용인원을 기준으로 적정피난용량을 결정해야 하며, 피난동선상에 있는 임시 판매대, 쇼핑 카트, 그리고 피난층의 계산대가 피난에 중요한 장애요소로서 이에 대한 개선과 제도적 정비의 필요함을 알 수 있었다. 피난시간을 기준 한 성능기준 피난설계 분석결과, 사례분석 대상 지하매장은 적정피난용량을 확보하지 못하고 있음을 보여주었다.

### ABSTRACT

This study aims to improve the Evacuation Performance of the Discount-store in underground that is rapidly growing new shopping store in Korea. In this paper, The architectural properties of the floor plan and section was reviewed with egress focus, occupant load density of the Discount-store was surveyed and the procedure and method of performance based egress design for this occupancy was analysed with SIMULEX model and calculation method. As a result of modeling, more longer available safe egress time (ASET) is expected than required safe egress time (RSET) in underground discount-store. In order to improve the Evacuation Performance for this type occupancy, egress capacity including escape stair, aisle width, escape door is calculated with based on occupant load density and review of shopping cart's structure and size and maximum escape capacity of the cash counter.

**Keywords :** Occupant load density, Rest, Aset

## 1. 서 론

국내 할인점은 1993년 11월 E-마트를 시작으로 급속히 확대되어 매장면적 3,000 m<sup>2</sup> 이상 되는 대형 할인점이 2000년 말 현재 전국적으로 약 170여 개에 이르고 있다.<sup>1)</sup> 할인매장은 많은 수용인원과 다양한 가연물이 진열되어 있어 이에 따른 적절한 비상대책이 필수적인 특수용도로 볼 수 있다. 예로서 최근 경북 포

항시 ○○할인점 화재는 사망 4명, 부상자 48명 등 엄청난 인명피해와 약 8억원의 재산피해를 입었다. 특히 국내 할인점의 약 60% 정도가 지하매장을 운영하고 있어서 화재가 발생할 경우 지상으로 피난 및 화재진압이 곤란하여 대형 인명피해가 예상된다.

이러한 배경에서 본 연구는 지하층을 매장으로 사용하고 있는 연면적 3,000 m<sup>2</sup> 이상의 대형 할인점을 대상으로 건축 공간특성과 이에 따른 피난특성 분석 문제점을 분석하였으며 거주밀도분포 조사와 피난 시뮬레이션 모델을 통하여 실제 매장의 피난용량 적정성을

<sup>†</sup>E-mail: k-yill@hanmail.net

평가하였다. 조사방법으로는 전국의 할인점 40여 곳을 선정하여, 서울, 수도권은 직접 현장을 방문하고 지방의 경우는 전화문의 및 건축물 관리대장 등의 자료를 이용하였다. 피난에 관련된 규정은 국내법(건축법, 소방법), 일본 건축기준법과 미국의 National Fire Code, Uniform Building Code를 참고로 하였다.

## 2. 할인점의 건축공간 및 피난 특성

### 2.1 건축공간 분석

#### 2.1.1 할인점 운영현황

할인점의 영업시간은 대부분 오전 10시에서 오후 10시이며 주로 봄비는 시간은 저녁 준비시간인 4시~6시 사이인 것으로 파악되었으며, 이에 대한 결과는 표 1에 정리하였다. 할인점의 면적당 직원 수는 판촉직이나 용역직, 아르바이트 등 비정규 임시직을 제외한 정규 직원의 경우 11평부터 50평 사이에 1명으로 화재 시 고객 대피 안내 및 자체 소방 진압인원의 부족이 예상된다.

#### 2.1.2 수평동선 분석

수평동선은 점차 넓고 쾌적한 공간 연출로 바뀌어가

고 있으나 쇼핑 카트가 필요 이상 배치되고 사용되어 피난 통로의 장애가 되고 있으며, 이에 대한 결과는 표 2에 정리하였다. 계산대가 증가되면서 쇼핑의 편리함은 향상되었으나 피난에 방해되는 불리한 조건이 되었다. 매장 내 통로도 확대되었으나 치열한 판매전략으로 인해 통로를 점유하는 시식코너나 판촉 홍보대 및 진열대의 증설로 신속한 피난이 어렵다. 따라서 쇼핑 카트의 이용자제와 적절한 관리, 계산대가 없는 출입구의 확대, 그리고 피난 동선에 방해가 되는 판촉코너 증설금지 등의 대책이 필요한 것으로 파악되었다.

#### 2.1.3 단면 형식

일반적으로 상업건물의 경우 상부에 판매시설을 하부에 주차장을 설치하지만 할인점은 주차장의 확보가 판매전략에 중요하기 때문에 지상에서 가까운 지하에 판매시설을 설치하고 그 상부를 주차장으로 배치하고 있다. 따라서 비상시 피난에 불리한 단면형태로 이에 따른 적절한 피난계획이 수립되어야 한다.

### 2.2 피난 특성과 문제점

#### 2.2.1 승강기 피난 불가 및 피난로의 미숙지

할인점의 특성상 수직이동 동선은 대부분 엘리베이

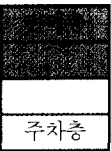


표 1. 국내 할인점 운영현황

할인점명	지점명	개점일	매장 면적	영업 시간	지하 매장	내점객수		직원 수		가장 붐빌때
						평 일	주 말	정규직	파트직	
이마트	구로점 가양점	99. 8	2,414평	10~10시	○	18,000명	30,000명	210명	450명	4~6시
		00. 3	3,400평		×	24,000명	30,000명	110명	620명	5~7시
까르푸	분당점 면목점	99. 1	2,980평	10~11시 10~12시	○	12,000명	30,000명	113명	250명	4~6시
		99. 9	2,230평		×	7,000명	9,500명	175명	148명	8~11시
마그넷	부평점	00. 2	2,700평	10~10시	×	8,000명	12,000명	70명	500명	7~8시
LG마트	금정점 송파점	98. 1	2,500평	10~12시	○	7,700명	11,500명	82명	439명	-
		00. 7	3,700평		○	11,300명	13,000명	75명	230명	4~6시
홈플러스	서부산점 안산점	99. 1	3,200평	10~10시	○	13,000명	-	120명	880명	-
		00. 8	3,100평		○	9,000명	16,000명	97명	803명	-

표 2. 할인점 수평동선 비교

할인점명	지점명	개점일	매장면적	쇼핑카트	계산대	주차장	주통로	보조통로
이마트	창동점	93.11	1,543평	600대	29대	291대	3.6M	1.8M
코스트코홀	양평점	94.10	2,600평	1,350대	30대	700대	3M 이상	-
세이브존	화정점	98. 9	2,971평	100대	20대	1,000대	2.4M	1.8M
이마트	구로점	99. 8	2,414평	1,000대	49대	650대	3.5M	2.5M
이마트	산본점	99.11	3,400평	1,200대	60대	1,000대	4.0M	1.8M
마그넷	부평점	00. 2	2,700평	1,300대	37대	1,000대	4~5M	2~3M
이마트	가양점	00. 3	3,400평	2,000대	65대	860대	3~4M	2~3M

표 3. 할인점의 단면구성 형식<sup>2)</sup>

단면	특징	해당할인점
상부판매 하부주차 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 상부매장의 구성에 유리</li> <li>- 일반적인 백화점 단면형식</li> <li>- 환경 및 피난에 유리</li> </ul>	이마트 안양점, 진주점, 이천점, 마크로 남부점, 까르푸 서면점, 한화마트 연수점 (소계 : 6개점)
하부판매 상부주차 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 할인점의 단면이용방식</li> <li>- 넓은 주차면적 확보유리</li> <li>- 매장이 지하에 있어 환경 및 재해 발생시 위험</li> </ul>	이마트 분당, 가양, 동인천, 만촌, 마그넷 서대구, 상부, 홈플러스 대구, 안산, LG마트 고양, 마크로 인천, 일산, 까르푸 중계, 해운대, 순천, 김스클럽 서현, 화정, 거평마트 일곡, 메가마켓 천안점 (소계 : 18개점)
중간판매 상하부주차 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 판매동선 짧아짐</li> <li>- 1층 입구 혼잡</li> <li>- 차량소통 원활</li> </ul>	까르푸 중동점, 가양점, 일산점, 사상점, 마그넷 천안점, 사하점, 홈플러스 영통, 창원, 북수원점, 델타클럽 칠곡점, LG마트 송파점 (소계 : 11개점)
건물 내 판매 옥외주차	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 보·차 구분으로 가장안전</li> <li>- 넓은 대지면적 필요</li> </ul>	까르푸 면목점, 아람마트 경주점 (소계 2개점)

터나 에스컬레이터를 사용하고 있어 화재 시 무의식중에 피난이 불가능한 승강기로 이동하거나 피난계단을 인식하기 어려워 피난시간의 지체를 가져오게 된다.

2.2.2 계산대의 피난 방해

할인점의 경우 거의 모든 층에 계산대가 설치되나 폭도 좁고, 고정되어 피난시 장애물이 되고 있다. 따라서 피난용량의 일정비율 이상은 계산대를 통과하지 않고 안전구역으로 대피할 수 있는 배치계획이 필요하다.

2.2.3 피난계단의 부족(건축령 제34조 2항, 피난·방화규칙 제8조, 미국 NFC 5-4장)

현재 직통계단 설치규정(건축법 시행령 제 34조 2항)은 매장면적에 무관하게 피난계단을 2개만 설치하고 있어서 고객 수가 많을수록 피난용량이 부족하게 된다. 따라서 매장의 수용인원에 따른 최소 피난계단 수와 폭이 확보되어야 한다.

2.2.4 쇼핑 카트의 피난로 점유

쇼핑카트는 피난을 방해하는 주 요인으로 쇼핑 카트 50cm×100cm 크기 100대가 매장에 존재할 경우 피난로 폭 50cm를 100m 정도 차지하게 된다. 쇼핑 카트는 비상시 접는 것이 불가능하고 유아가 앉는 경우

도 많으며 특히 엘리베이터나 주 통로 주위에 불규칙하게 배열되고 있어 점유면적이 더욱 증가된다.

3. 거주 밀도 분포 조사

3.1 조사개요

피난계획의 중요한 요소가 되는 고객의 연령층, 남녀노소의 비율, 고객의 이동동선, 매장배치에 따른 통로의 폭, 쇼핑 카트의 분포 및 수량 등을 정확하게 파악하기 위하여 거주밀도 분포조사를 시행하였다. 조사 방법은 직접 할인점에 상주하면서 매시 체크하는 관찰 조사방법과 할인점 직원들의 협조와 현장조사를 통한 현지조사방법 및 월간지 디스카운트 머천 다이저 등의 참고문헌 조사방법의 세 가지 방법을 이용하였다.

할인점의 특성상 도면상의 매장배치가 상품구성이나 계절과 같은 다양한 원인에 의해 수시로 변경이 되므로 조사요원이 직접 현장에서 매 30분 간격으로 내점 고객 인원 및 관련 요인을 집계 분석하였다. 매장배치는 건축허가 도면과 현장 실측을 통하여 확인하였다.

표 4. 시간대별 내점 고객 수

시간	10~12시	12~2시	2~4시	4~6시	6~8시	8~10시
인원	1,400명	1,900명	2,000명	2,800명	2,700명	1,900명

표 5. 요일별 내점 고객 수

요일	월요일	화요일	수요일	목요일	금요일	토요일	일요일
인원	13,500명	11,400명	13,200명	12,900명	12,900명	15,000명	17,000명

3.2 조사결과

대상 할인점의 일일 평균 내점 고객수는 약 13,700명 정도이며 시간대별, 요일별 내점 고객 수는 표 4, 5와 같다. 내점 고객 최대 날은 추석 2일전, 추석 3일전, 구정 2일전으로 조사되었으며, 남녀 구성비는 평일은 8:2, 주말은 7:3 정도로 여성의 비율이 압도적으로 많았다. 내점 고객 중 노약자(초등생 미만, 장애인, 고령자)의 비율은 약 25% 정도이며 쇼핑 카트의 수는 고객 5명당 평균 1대 정도로 크기는 큰 쪽 55cm×작은 쪽 35cm×길이 95cm로 조사되었다.

4. 피난성능 분석

4.1 평가 프로세스

지하 매장에서 화재가 발생한 경우 고객이 안전하게 피난할 수 있는 피난용량의 확보 여부 및 그 결과에 따른 문제점을 개선하기 위하여 피난 모델링을 수행하였다.

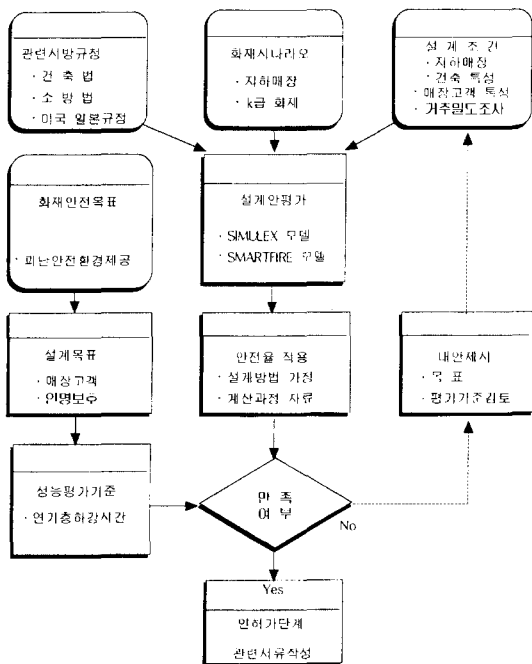


그림 1. 성능기준 피난설계 프로세스

피난에 필요한 최소 시간(Required safe egress time, RSET)은 화재로 생성된 연기가 바닥에서 1.8 m 높이까지 하강하는 시간을 기준으로 실제 예상되는 피난시간(Available safe egress time, ASET)과 비교하였다.

4.2 피난 모델링

4.2.1 피난인원

분석대상은 ○○ 할인마트의 지하 식품 매장으로 직통계단 2개, 에스컬레이터 2대, 엘리베이터 4대가 설치되어 있다. 예상 피난인원은 거주밀도 조사결과를 기준하였다. 조사결과 시간대별로는 6~8시에, 요일별로는 일요일 오후 5시 30분에서 6시 30분 사이가 최대(550명)이고 쇼핑 카트는 약 100대인 것으로 조사되었다.

피난시간 예측을 위한 주요 입력자료는 다음과 같다.

- 피난인원 : 550명
- 피난모델 : SIMULEX V2.0
- 쇼핑카트 : 100대
- 피난대응시간 : 30초 +/-10초
- 고객 구성비율 : 남자 20%, 여자 30%, 유아 20% 평균 30%
- 피난경로 : 지하매장의 2개 직통계단을 이용하여 피난층(1층)계단을 통과하는 시간

4.2.2 화재 시나리오

그림 2와 같이 튀김 코너의 식용유 화재가 발생하여 Ultra-fast 급으로 발화 후 58초까지 상승하고 스프링클러가 작동하기 위한 최소 열량인 635 kW에 도달한 이후 Steady 조건으로 20분간 지속된다고 가정하였다. 배연 설비는 없으며 천장, 바닥, 벽면은 콘크리트 재료로, 초기 온도는 20°C로 설정하였다.

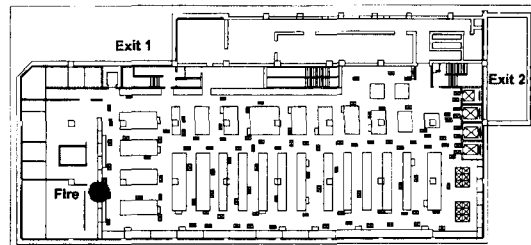


그림 2. 지하할인매장의 평면 및 화원 위치

여기서 가장 큰 피해가 예상되는 스프링클러가 작동하지 않는 최대 열방출율(Heat Release Rate)은 Alpert 식으로 계산하였다.

$$\dot{Q}_{max} = 0.08r\{(T_c - T_0 + dT)(H + Z_0)\}^{3/2} \quad (1)$$

- r : 반경(Plume에서 최단거리 헤드), m
- T<sub>0</sub> : 주위온도, K
- T<sub>c</sub> : 헤드작동온도, K
- dT : 작동위한 ΔT, K

여기서 주위온도 20°C, 작동온도 72°C, 천장고 3m, 가상화원 높이 1m를 기준 하면 635.8 kW가 된다.

4.2.3 최소 피난시간(RSET) 계산

매장의 연기 층이 하강하는 시간은 다음 식으로 계산하였다.

$$t_A = \left( \frac{n+3}{2} \cdot \frac{1/(Z_1 + Z_0)^{2/3} - 1/(H + Z_0)^{2/3}}{K \dot{Q}_0^{1/3} / A} \right)^{3/(n+3)} \quad (2)$$

$$K = 0.21 \left( \frac{\rho_a g}{C_p T_a} \right)^{1/3} \cdot \frac{1}{\rho_s} \quad (3)$$

- t : 연기층의 하강시간(Z<sub>1</sub> → Z<sub>2</sub>)
- ρ<sub>a</sub> : 공기밀도 = 1.2 kg/m<sup>3</sup>
- ρ<sub>s</sub> : 연기밀도 = 1.0 kg/m<sup>3</sup>
- C<sub>p</sub> : 비열(공기) = 1.0 kJ/kg · K
- g : 중력가속도 = 9.81 m/s<sup>2</sup>
- A : 바닥면적 = m<sup>2</sup>
- H : 천장고 = 3.0 m
- T<sub>a</sub> : 대기온도 = 293 K(20°C)
- T<sub>s</sub> : 연기온도 = 353 K(60°C)
- Z<sub>0</sub> : 가상화원에서의 높이(Z<sub>0</sub> = 0.5D - 0.33L<sub>f</sub>)

여기서 Steady Fire(Ḡ = Ḡ<sub>0</sub>) 인 조건을 대입하면

$$t_A = C' \{ (3/2K) / \dot{Q}^{1/3} \} A$$

$$C' = 1/(Z_2 + Z_0)^{2/3} - 1/(Z_1 + Z_0)^{2/3}$$

위 식에 의하여 연기 층이 하강하는 시간은 다음과 같다(단 Z<sub>1</sub> = 2.7 m).

Z <sub>2</sub> (m)	2	1.9	1.8	1.7	1.6
t <sub>A</sub> (s)	197	232	270	310	352

한편 화재크기에 따른 연기 층 하강시간은 다음과

Ḡ(kW)	100	300	500	635	1000	3000
t <sub>A</sub> (s)	738	512	432	398	342	237

같다(단 Z<sub>1</sub> = 2.7 m, Z<sub>2</sub> = 1.5 m).

4.2.4 실제 피난시간(ASET) 예측

지하매장 고객이 출구 1과 출구 2를 통하여 1층으로 피난하는 소요시간은 그림과 같다. 전체 피난 완료 시간은 6분 41초이며, 출구 1은 6분 41초, 출구 2는 5분으로 예측되었다. 출구 1(Exit 1)에 피난자가 집중되었으며 매장통로에 배치된 쇼핑카트로 인하여 출구까지 이동하는 시간이 지체되었다. 매장의 연기층 온도 분포는 그림 3, 4와 같다.

4.2.5 결과분석

필요한 최소 시간(Required safe egress time, RSET)은 화재로 생성된 연기가 바닥에서 1.8 m 높이까지 하강하는 시간은 4분 30초, 실제 예상되는 피난시간(Available safe egress time, ASET)은 6분 41초로 예상되어 적정 피난용량을 확보하지 못하고 있는 것으로

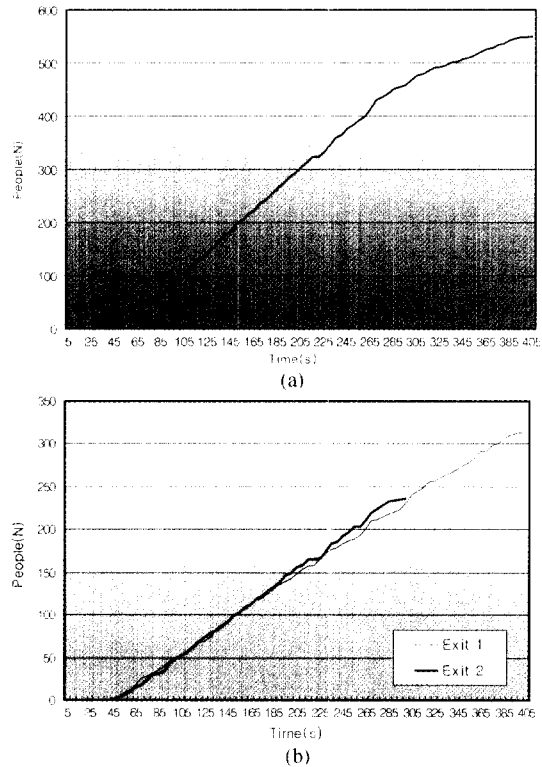
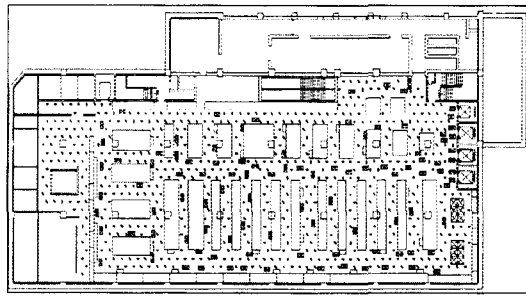
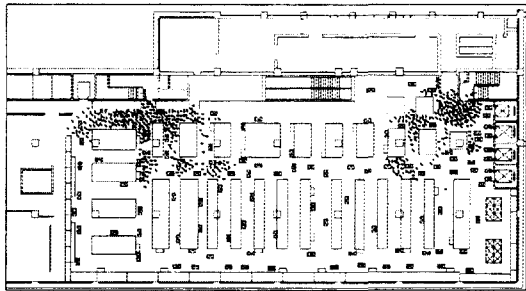


그림 3. 전체 (a)와 각 출구 (b)에서의 시간에 따른 피난인원의 증가

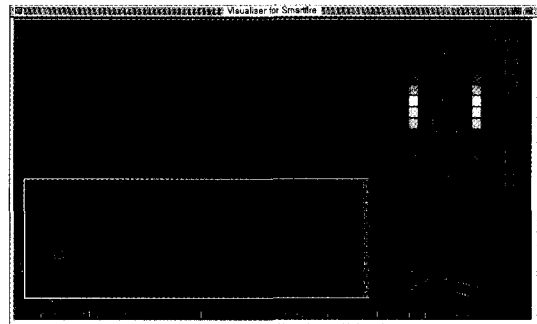


(a)

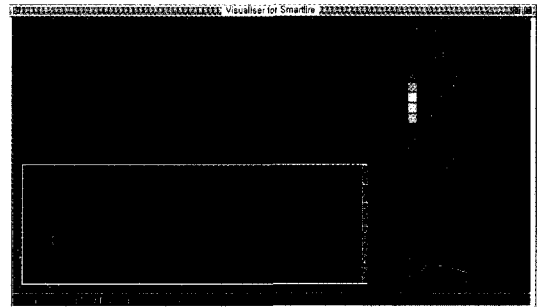


(b)

그림 4. 피난 시작 직전의 모습 (a), 경보발령 후 60초 경과의 모습 (b)

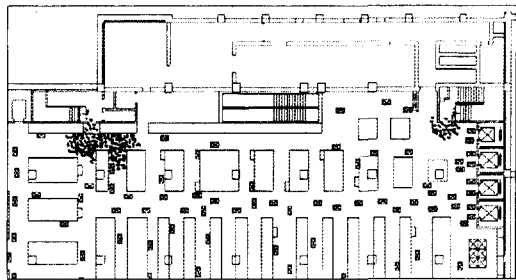


(a)

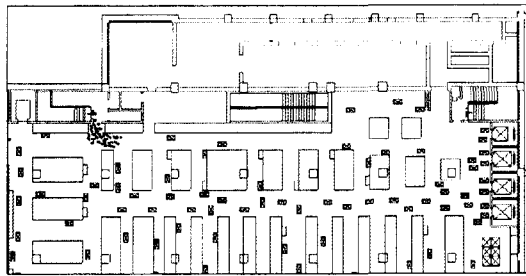


(b)

그림 6. 높이 1.9m에서의 단면도 (a) 110초 (b) 300초



(a)

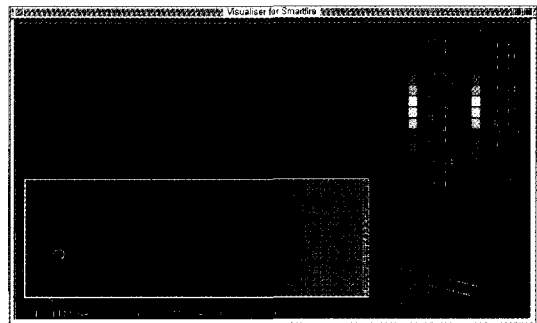


(b)

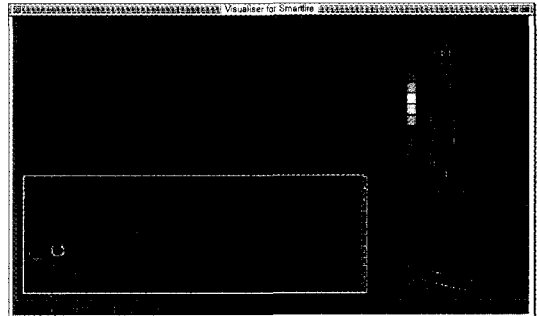
그림 5. 피난개시 후 240초 경과 (a), 335초 경과(b)

로 분석되었다. 또한 두개의 계단 중 하나에 피난인원이 집중되는 것을 알 수 있었다.

한국화재·소방학회, 제15권 제1호, 2001년



(a)



(b)

그림 7. 높이 1.9m에서의 단면도(400초)

## 5. 결 론

사례분석과 현장 실태조사 등을 통하여 분석된 국내 지하 할인매장의 피난성능 개선을 위한 주요 결론은 다음과 같다.

(1) 매장의 현장조사와 실측결과, 통로에 배치된 임시 판매 또는 시식 코너, 쇼핑 카트의 점유 등으로 피난시간에 지체가 예상된다. 이에 따라 쇼핑 카트의 규격 및 구조에 대한 안전성 검토 및 유효 통로 폭 확보를 위한 유지관리, 피난층의 폭이 좁은 계단대 개선등이 시급한 것으로 판단된다.

(2) 거주밀도 분포 조사 결과, 최대 수용인원은 약 550명으로 순 거주밀도는 0.466인/m<sup>2</sup>인 것으로 나타나 동일 용도를 기준으로 미국 IBC(0.358인/m<sup>2</sup>)과 일본 건축법(0.5인/m<sup>2</sup>)의 밀도분포와 유사함을 보이고 있다.

(3) 성능기준 피난안전설계 분석 결과, 연기층 하강 시간(1.8 m 기준)을 기준한 최소 피난시간(RSET)은 4분 30초이며 시뮬레이션을 통한 예상 피난시간(ASET)은 6분 41초로 예상되었다. 따라서 피난계단의 수, 폭,

피난계단에 이르는 문의 폭 등에 관련되는 관련 법 규정은 예상되는 거주밀도를 기준으로 적정 피난용량이 결정되어야 한다.

## 참고문헌

1. "2001. 1월간 디스카운트 머천다이어지", pp89-92(2001).
2. 신상철, "할인점의 건축 계획적 특성에 관한 연구", 연세대 대학원, pp68-69(1998).
3. 한국화재보험협회, "미국화재안전기준(NFPA 101) 1997", pp. 71-74, 364(2000).
4. 김운형, 윤명오, "피난모델의 검토-SIMULEX", '99 추계 학술대회논문집, 한국화재·소방학회(1999. 11).
5. Woon, Hyung Kim, Rui Hu, Hong Kim, "A Occupant Load Density and computer Modeling of Evacuation time in Office Building", 1st conference of the Association of Korean-Japanese Safety Eng. Society, Korea(1999. 11).
6. 이재국, 이문보, 대한건축학회 논문집. 계획계 16권 8호 (통권 142호), "건축물 용도별 피난 및 방화규정의 적용에 관한 연구", pp80-81(2000).