

**A-14**

## 대구 중앙로역 사례를 통하여 본 피난 시간계산 및 특성연구

김응식, 김수영, 유희권

Eung-Sik Kim, Soo-Young Kim, Hee-Kwon You

호서대학교 환경안전공학부

### 1. 서론

대구 중앙지하철역 참사 사고를 통하여 보듯 아래와 같은 특성 때문에 화재시 피난자는 일반건물과 달리 지중공간에서의 피난에는 더욱 많은 어려움을 겪게 된다.

지하 공간의 화재는 다음 2가지 특징을 갖는다.

- 급속한 연기의 확산
- 급격한 온도 상승에 의한 빠른 화재전파
- 제한적 피난 통로

이와 같은 이유로 지상의 건물보다 더 강화된 피난허용시간이 요구되어진다.

따라서 본 논문은 대구 중앙지하철역을 근거로 대피소요시간을 계산을 여러 가지 방법들을 통하여 산출하여 보았으며 이를 통하여 지중공간에서의 설계 및 관리, 방화관리에 도움이 되고 여러 가지 계산방법들을 제시하고자 한다.

### 2. 지하철 화재 특성으로 인한 피난시 영향 분석

#### 가. 피난경로와 연기진행 방향

##### (1) 피난방향과 연기의 이동방향의 일치

일반 건물화재와 달리 지하철 화재는 지중에서 지상으로 대피하는 형태로서 이는 부력으로 인한 연기의 이동방향과 피난방향이 같아지게 되므로 피난자들이 일반화재보다도 더욱 많은 연기의 영향에 노출되어져 버리는 결과가 발생하였다. 실제 연기는 2분 - 4분 사이에 승강장을 채웠다고 예측된다.

( 2분 : 방화범을 대리고온 탈출자의 진술 : “목덜미와 손을 잡고 지하2층까지 올라온 뒤 기어서...” / 4분 : 최초의 휴대전화가 9시54분에 시작 되었고, 59분43초에 마지막 휴대전화로의 신고가 있었다.)

## (2) 취약한 구조 경로

지하공간으로 피난자를 구조하는 구조자의 구조경로와 연기의 이동방향이 맞닿게 되므로 일반 건물보다 구조가 더욱 어려움을 갖게 된다. 실제로 사고후, 3시간동안 구조활동이 진행이 매우 어려웠다.

## (3) 상향 경사로로 인한 체력소모 유발

일반 건물화재와 달리 지하철 화재는 지중에서 지상으로 대피하는 형태로서 피난자들이 계단의 하강이 아닌 계단을 올라가는 형태를 띠게 된다. 이는 피난자들의 더 많은 피난시간의 소요와 정신적 스트레스로 인한 급격한 체력소모가 일어난다.

### 나. 늦은 탈출시작 시점

1080호의 경우 기관사의 진술로는 문을 연시간이 10시 부근이었고, 이 시간은 Master Control Key를 뽑은 시각으로 추정된다. 생존자의 증언에 따르면 “처음 열차가 중앙로 역에 도착, 문이 열리는 순간 타는 냄새가 나자 기관사가 다시 문을 닫고, 10여분이 지난 뒤에 문을 열고 승객을 대피시켰다.”, “전동차에 불이 난뒤 열차에서 뛰쳐나왔으나 캄캄해 앞을 분간할 수 없었다... 2층으로 통하는 계단으로 뛰어 올라 간뒤 유독가스에 쓰러졌다.”

1079호의 경우도 4 - 6호는 화재사실을 몰라 늦은 대피가 이루어졌다. (“앞을 가릴 수 없을 정도의 가스 속에서 쓰러졌다가 몇분 후 겨우 구조되었다.”)

### 다. 지하역사의 피난 소요시간 계산

#### (1) 호리우치(건축방화,1998) 계산방법에 의한 피난 시간 산출

그림 1은 호리우치의 계산방법에 따른 피난 시간 분석표이다. 지하 3층의 전동차 승객들이 지하 1층에 도달하는 것으로 피난을 완료하였다고 가정하였다. 승객들은 자신들의 위치에 따른 피난경로에 의하여 A, B, C, D그룹으로 나누어 각각 계산하였다.

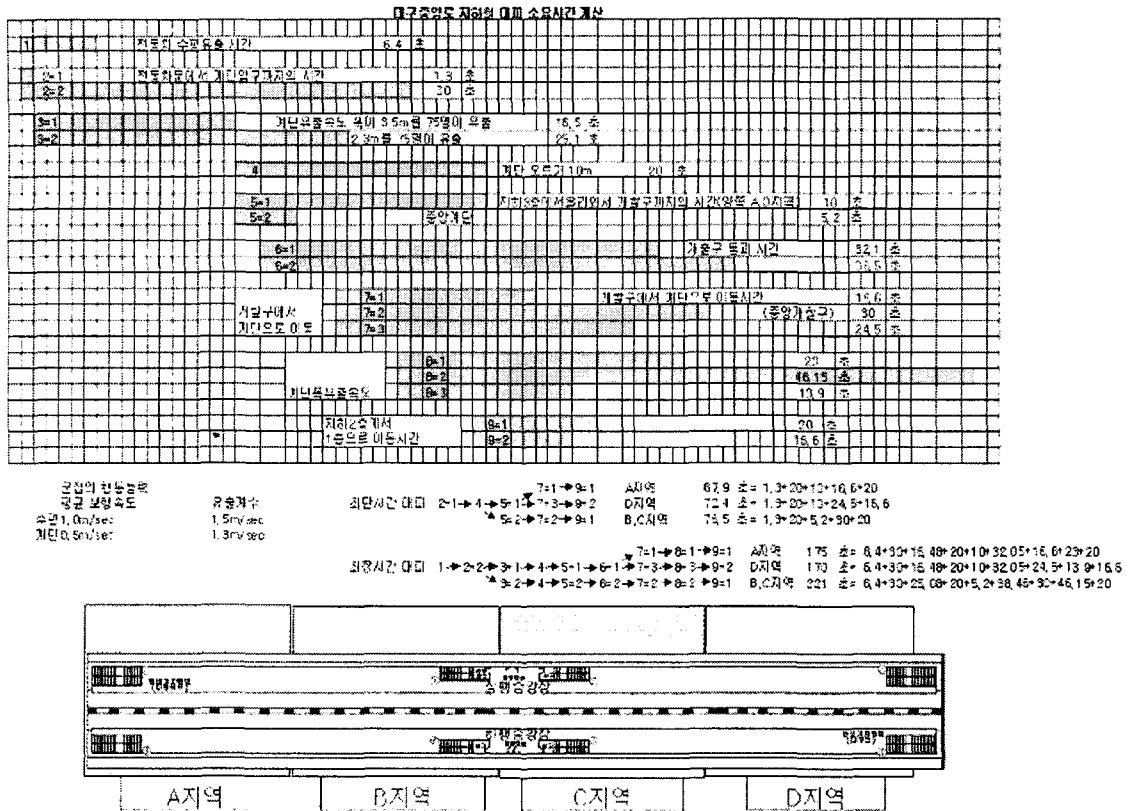


그림 1. 호리우치 피난시간 계산

그림 2,3은 열차의 상하행선 동시정차의 유무, 역의 경로를 익숙한 사람과 전혀 익숙하지 않은 사람에 따라서 보행속도가 다른 점을 이용해 계산하였다.

그림 2는 상하행선 동시정차이며 지역별 4개의 그래프중 좌측 2개는 연기의 영향이 고려되지 않은 정상상태에서 피난시간을 계산한 결과로서 각 그룹의 최초 피난완료시간은 130여초가 소요되었으며 B, C지역에서 최종 피난시간은 280여초가 계산되었다. 우측 2개는 연기를 고려할 경우의 대피시간은 약 400여초 가량으로 추정된다. 우측2개는 화재시 보행속도를 0.4-0.5 [m/sec](A.W. Heskestad, 1998 : 연기 중에서 피난자가 유도등에 의한 피난시 이동속도)로 가정하고 같은 계산 방법을 사용한 결과이다.

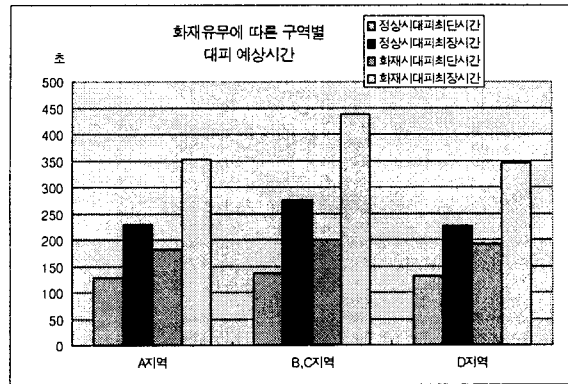


그림 2. 그룹별 피난시간계산 결과

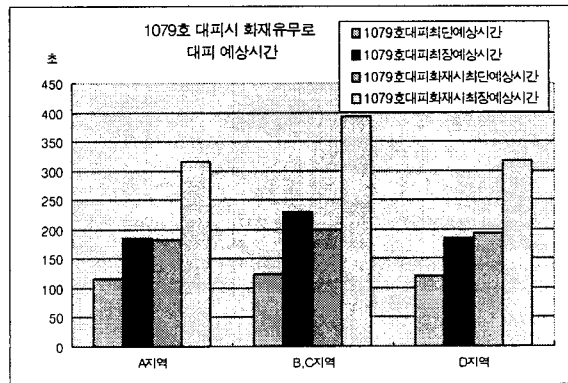


그림 3. 그룹별 피난시간계산 결과(1079호 화재유무)

그림은 3는 한쪽 승강장에 열차가 정차한 가정하에 계산하였으며 지역별 4개의 그래프중 좌측2개는 지리에 익숙하고 건강한 사람이 평상시 대피시 보행속도를 1.2[m/sec]로 가정하여 계산하여 190여초이며, 우측2개는 화재시 보행속도를 0.4-0.5 [m/sec](A.W. Heskestad, 1998 : 연기 중에서 피난자가 유도등에 의한 피난시 이동속도)로 가정하여 계산하여 300~400여초가량으로 추정된다.

(2) simulex program(ver. 2.1)을 사용한 피난 시간 산출

simulex 피난 program을 사용하여 지하3층의 객차내와 역내 재실자들의 피난시간을 분석하였다. 각각의 인원배치 및 설정은 방송매체의 보도를 근거로 가능한 화재당시의 상황을 토대로 설정하였으며 최종피난출구는 지상이 아닌 지하1층으로 설정하였다. 표 1은 계산 조건이다.

표 1. 피난 simulation 설정내용

인원	지하3층 (680명)	1. 보도를 근거로 각각의 객차내에 300명씩 총 600명을 설정 2. 화재당시 감시 카메라를 근거로 지하3층 승강장에는 각각 40명씩 80명을 설정하였다.
	지하2층 (100명)	승강장인 지하3층의 1/6수준인 직원 포함 100명을 설정
구조 및 피난로		1. 각각의 승강장에는 열차가 거의 동시에 진입하여 문이 열리는 것으로 설정하였다. 2. 피난자들은 일반적인 양상을 보이는 피난개시후 자신의 위치에서 최종출구(지하1층)까지의 최단거리를 선택하여 피난하는 알고리즘을 선택하였다.
Response time		보도자료를 분석한 결과 화재 발생시 재실자들의 피난개시가 대략1분경에 이루어져 1분±10초로 설정하였다.
피난자의 특성		설정된 피난자들은 통근자로서 설정하였다.

화재영향을 고려하지 않은 호리우치와의 계산 결과와 비교하여 보면 각각 280초와 311초의 계산 결과를 보여 줌으로써 유사한 피난시간이 예측되었다. 그림 3~5은 시간에 따른 피난 상황을 보여준다.

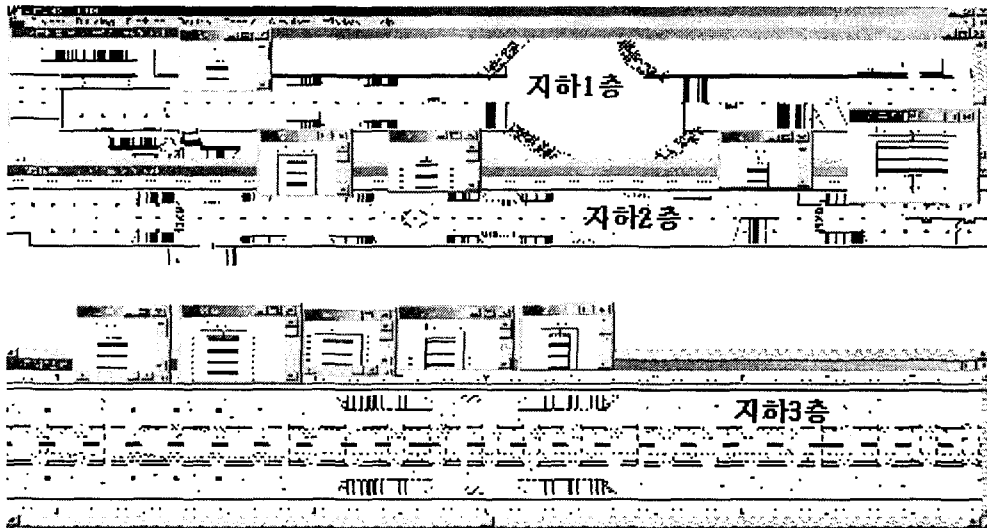


그림 4. 피난개시전 모습

승강장에 각각 2대의 전동차가 설정되었으며 문이 개방된 전동차안에는 각각 300명의 승객이 승차하고 있다.



그림 5. 개찰구에서의 정체 특성

그림 4는 지하2층 중앙 개찰구의 정체 모습을 잘 보여 주고 있다.

표 2는 simulex 피난 프로그램을 사용한 역내 피난 계산 결과이다.

표 2. 피난 simulation 결과

총대피 완료 시간 (5분 11초)	지하3층 대피 완료 시간	1분 54초
	지하2층 대피 완료 시간	4분 53초

simulex 프로그램에서는 개인별 보행속도를 임의적으로 조절할 수 없어 화재로 인한 보행 감소의 적용이 불가능 하였다. 화재시의 피난시간을 예측 할 수 없었다.

### (3) 호리우치 및 simulex 프로그램의 단점

그림 5는 위의 언급한 2가지 계산 방법의 단점을 보여준다. 각 물음표한 위치에서는 올바른 방향 을 찾기 위해 방향 판단시간이 필요하며 오판하였을 경우 시행착오를 겪어야하는데 이에 소요되는 시간은 계산할 수 가 없다. 또한 simulex의 경우 최단거리 알고리즘을 선택하였기 때문에 인원의 효율적인 분배가 이루어지지 않아 실제상황과 달리 과도한 한쪽 방향으로의 쏠림현상이 유발 되어 총피난시간을 더욱 지연시키는 결과를 초래할 수 있다.

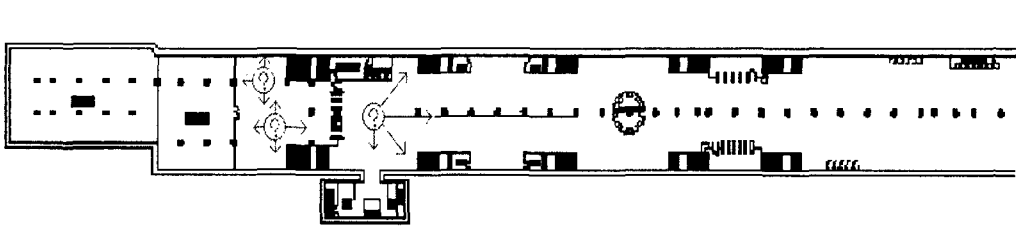


그림 6. 출구에서의 피난방향 선택문제점 제시 예

(4) 고찰

연기가 존재하여 사람의 이동속도가 1/2로 줄 경우 호리우치 모델의 계산 결과 총 400 초 정도의 시간이 소요된다고 예상된다. 그러나 대구 지하철 화재의 경우 매우 낮은 피난 개시시간으로 인하여 화재의 영향(출구 막힘, 정전으로 인한 시야 불능, 유독가스의 많은 흡입량, 높은 열기등)이 매우 커서 피난을 완료하지 못한 결과를 초래하였다.

라. 유독가스에 의한 피해

그림 6은 CO의 농도별 흡입시간과 의식불명과의 관계를 나타낸 그래프이다. 그림에 나타나듯이 4000ppm이상의 CO농도에 6분이상 노출된 경우 의식불명과 이에 따른 사망으로 이어질 가능성을 볼 수 있다.

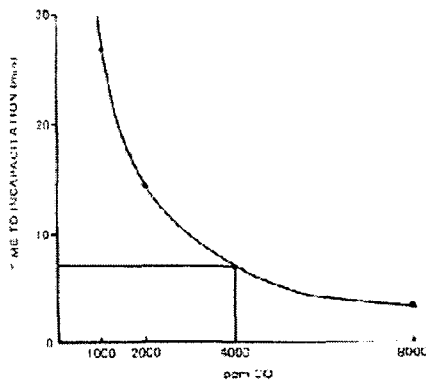


그림 7. CO농도와 의식불명과의 관계

마. 노약자 및 장애자들의 피난상황

화재시 지상으로 향하는 엘리베이터는 운행정지 되므로 피난자들은 계단을 사용하여 안전지역으로 피난할 수 밖에 없는 상황이다. 이는 특히 대피시 자력으로 거동이 불편한 장애인, 시각 장애인, 노약자들의 피난에는 많은 어려움이 존재하는 실정이다. 실제 대구 사망자의 84%가 여성 및 노약자로 보고되고 있다. (여성 61.4%, 10대이하 3명, 50대 이상 19명 : 2월 19일 보도)

바. 지하철 유동의 집중현상 유발

지하철의 주정차로 인한 일시적 유입으로 집중현상이 나타난다. 이는 특히 화재시 열차내 모든 승객들의 순간적인 유입으로 인하여 피난로의 병목현상이 나타나게 되어 나타나게 되며 이로 인한 피난자들 끼리의 반발로 사고 및 패닉현상이 유발될 가능성이 높다. 사망자는 지하 2층 개찰대 부근에서 발견, 병목현상 및 출구를 찾지못해 질식사한 것으로 유추된다.

사. 정전

정전 및 연기농도의 증가로 유도등의 활용성이 증가 되나 실제로 관리 및 성능의 부족으로 피난자들에게 도움을 주지 못한다.

3. 결론

본 연구는 대구 중앙로역 승강장에서 피난자들의 피난 소요시간을 여러 방법들로서 계산하여 보았다. 계산된 소요피난시간들을 통하여 피난시의 상황들을 예측할 수 있었으며 이들 계산방법들을 활용하여 지중공간에서의 피난 소요시간 산출 사례들을 제시하였다.