

## 지하역사 방재설비의 개선방안에 관한 연구

유동호, 이영재\*

한국철도시설공단 \*한밭대학교 건축설비공학과

### A Study on Improvement Methods of Anti-Disaster Facilities for Underground Station

Dong-Ho Yu, Young-Jae Lee\*

*Korean Rail Network Authority, \*Hanbat National University*

#### 1. 서론

##### 1.1 연구배경

지하철은 1974.8.15일 서울시의 1호선이 개통된 이후 지속적인 증설과 수송 분담률의 증가를 기록하는 대표적인 교통수단으로 정착되었을 뿐만 아니라, 지하공간 개발 및 활용의 핵심기간 시설이 되었다. 도시화로 인한 심각한 교통문제는 지하 교통수단을 증대시켰으며 이에 따른 지하철의 연결 구간도 길어지고 있고, 특히 기 형성된 도시를 따라 건설되고 도심 공간의 효율적 활용 및 환경을 고려한 시공에 따라 지하역사의 심도는 갈수록 더욱 더 깊어지고 있다.

작년에 발생한 대구지하철 화재사고는 오전 9시 53분, 1079호 전동차 내에 탑승하고 있던 방화범이 중앙로역에 전동차가 정차할 무렵 플라스틱류의 병에 담은 휘발유에 라이터를 켜는 순간 평하는 소리와 함께 화염이 방화범의 옷과 좌석시트에 착화되면서 급격히 연소되어 객차 6량을 연소시키고, 반대편 승강장으로 진입한 1080호 전동차로 연소 확대되어 객차 6량 전체가 전소된 화재사고로서, 화재 발생 후 진화까지는 약 3시간 45분이 소요되었다.

이 사고로 인한 피해는 사망 192명, 부상 147명 등 인명피해 339명, 물적피해 516억원(직접 피해액)이라는 물질·정신적 피해를 우리에게 안겨준 참사이다.

대구지하철 화재사고는 대한민국 교통안전의 현 주소를 적나라하게 드러낸 사고로서 지하철이 계속 운영되고 있고 또한 지속적인 추가 건설이 이루어지고 있는 우리나라에 시사하는 바가 크며, 특히 소방시설의 개선은 매우 현실적인 사항으로 우리에게 다가와 있다.

현재 국내 지하철이 갖고 있는 방재적 특성 및 문제점을 크게 5가지로 구분하여 정리

하면 다음과 같다.

- (1) 차량 : 좌석시트, 단열재 등의 내장재에 취약개소가 존재하며, 비상시 여객이 승무원과 통화할 수 있는 장치가 없음.
- (2) 위기관리 및 교육 : 위기관리 측면에서는 역사특성을 고려한 위기관리 표준대응절차(SOP; Standard Operation Procedures)가 마련되어 있지 않으며, 또한 사회 전반적인 교육 프로그램이 취약하고, 도달수준에 대한 평가 장치가 없음.
- (3) 피난 : 법적 최소 수치만 적용한 설계이기 때문에 공간특성에 따른 합리성이 없으며 불합리한 경우가 많음.
- (4) 소화·배연 : 제연설비는 화재시 배기를 위한 전용설비가 아니며, 계단·에스컬레이터 등 수직관통부에 대한 보호대책이 없음.
- (5) 통신 : 경보체계가 차량화재가 아닌 역사화재에 국한되어 있으며, 기관사-사령실-역무원 간의 소통체계가 확보되어 있지 않음.

위의 많은 문제점 중에서 여기서는 (3)과 (4)항에 해당되는 제연설비, 유도등 그리고 지하역사에 설치된 설비의 운영방안에 대하여 검토하고자 한다.

## 1.2 지하역사의 현황

일반적으로 지하철과 도시철도라는 용어를 혼용하여 사용하고 있는데, 여기서는 지하에 건설된 도시철도에 대하여는 “지하철”로, 그리고 그 지하철을 이용하는 여객이 직접 사용하는 부분인 역에 대하여는 “지하역사”로 용어를 통일하였다.

철도청, 서울시지하철공사, 서울시도시철도공사, 부산교통공단, 대구시지하철공사, 인천시지하철공사 및 지난 4.28일 개통한 광주시 도시철도공사 등 7개 지하철 운영기관은 약 6,330량의 전동차를 보유하고 있으며, 대략 500km의 선로 및 429개의 역을 관리하고 있다.

또한 대전시는 2006년 개통 목표로 현재 건설 중에 있으며, 수도권외의 경우는 지하철 9호선, 신공항선, 신분당선 및 신안산선 등이, 부산은 지하철 3호선, 대구는 지하철 2호선 등 대도시권을 중심으로 지하철이 건설 중이거나 건설될 예정이다.

지하철의 교통수단 분담율은 2002년 기준 서울이 38%이고, 부산 13.4%, 대구 4.3%, 인천 11.7%를 차지하고 있으며, 서울과 부산의 경우는 지하철 이용비율이 조금씩 증가하고 있는 실정이다.

## 2. 본론

### 2.1 지하공간 화재의 일반적인 특성

일반적으로 지하공간은 지하건물 특징 중의 하나인 창이나 개구부가 없어 외부로부터의 구조, 소화 및 외부 탈출을 기대할 수가 없으며, 피난 및 소화에 필요한 밝기 및 빛을 인공조명에 의존하여야 한다. 또한 지상으로의 피난은 계단 등 수직경로를 이용하여야 하므로 피난자의 체력소모가 커서 신속한 대피가 곤란하다.

표 1. 지하역사의현황

운영기관	호선	지하역사 수/ ( )은 전체		개통일 (년월)	깊이(m)			승하차 인원 (천명)
		운영중	개통예정		최소	최대	평균	
총 계		392(429)	146(149)		3.2	53.91		8,765
서울시 지하철공사	소계	95(115)	3(3)				13.6	4,120
	1	9(9)	0	1974. 8	5.4	11.9	10.0	
	2	36(49)	0	1980.10	3.2	27.3	12.8	
	3	29(31)	3(3)	1985. 7	11.1	25.5	15.8	
	4	21(26)	0	1985. 4	11.6	36.1	15.8	
서울시도시 철도공사	소계	145(148)	37(37)				20.46	3,133
	5	51(51)	0	1995.11	9.14	42.12	21.88	
	6	38(38)	0	2000. 8	10.91	40.87	20.83	
	7	39(42)	0	1996.10	13.6	40.4	21.0	
	8	17(17)	0	1999. 7	13.04	53.91	18.12	
	9	0	37(37)	2008.12				
철도청 (지하역사 노선 대상)	소계	26(28)	13(16)				16.1	568
	과천선	8(8)	0	1993. 1	11.8	18.5	15.3	
	일산선	7(9)	0	1996. 1	13.5	18.9	16.6	
	분당선	15(15)	6(6)	1994. 9	13	24.8	16.8	
	신공항	0	7(10)	2009.12				
부산 교통공단	소계	62(73)	38(38)				15.67	722
	1	26(34)	0	1985. 7	6.5	27.5	13.3	
	2	36(39)	7(7)	1999. 6	11.9	24.4	17.39	
	3	0	31(31)	2007.12				
대구 지하철공사	1	30(30)	0	1997.11	11.18	23.24	16.45	72
	2	0	26(26)	2006.12				
인천 지하철공사	1	21(22)	1(1)	1999.10	14.09	33.17	20.83	150
광주 지하철공사	1	13(13)	6(6)	2004. 4	15.66	28.23	19.2	
대전	1	0	22(22)	2006. 3				

## 2.1 지하공간 화재의 일반적인 특성

일반적으로 지하공간은 지하건물 특징 중의 하나인 창이나 개구부가 없어 외부로부터의 구조, 소화 및 외부 탈출을 기대할 수가 없으며, 피난 및 소화에 필요한 밝기 및 빛을 인공조명에 의존하여야 한다. 또한 지상으로의 피난은 계단 등 수직경로를 이용하여야 하므로 피난자의 체력소모가 커서 신속한 대피가 곤란하다.

특히, 지하역사는 불특정 다수인이 거주·이동하므로 조직적인 방화훈련이 곤란하고, 이에 따라 화재시의 혼란이 지상건물보다 훨씬 더 가중되며 화재 시 다수의 인명피해와 재산손실을 초래할 수 있다.

지하공간의 화재특성을 살펴보면 아래와 같다.

- (1) 화재초기 연소는 지상과 같은 양상을 나타내나, 시간이 경과함에 따라 공기 공급부족으로 인하여 불완전 연소하기 때문에 다량의 연기가 발생한다.

- (2) 폐쇄공간이므로 대기로의 연기 및 열의 방산이 적고, 장시간 짙은연기(濃煙)와 열기가 축적된다.
- (3) 화점에서 유출된 연기가 빠른 시간 내에 전 지하공간에 전파되며, 특히 지하철의 경우 열차바람(列車風)으로 인하여 연소확대 및 연기전파의 속도가 빨라진다.
- (4) 소화에 따른 물의 피해가 지상에서보다 현저하게 증가한다.
- (5) 공간이 부족하여 구조 및 소화활동에 어려움이 많다.
- (6) 축적된 짙은연기 및 열기 배출이 어려워 소방대원의 활동이 위축되고, 많은 체력이 소모된다.
- (7) 소방대의 진입로가 계단으로만 국한되어 소화활동의 거점 설정시간이 길어진다.

## 2.2 제연설비 검토

지하역사는 화재가 진행됨에 따라 공기부족으로 인하여 불완전연소하기 때문에 다량의 연기가 발생한다. 또한 폐쇄공간인 지하역사에서 발생된 연기는 유출될 수 없으며, 확산속도가 빨라 피난에 지장을 초래하므로 연기의 확산을 어떻게 제어할 것인가를 근본적으로 계획하여야 한다. 대구 지하철 화재사고에서 보듯이 여객들의 주 피난로인 계단통로가 연기 및 열의 방산 통로가 되어 많은 인명피해를 준 바 있다.

소방법에 의한 제연설비는 화재시 소화활동을 위한 시계 확보 및 유독가스 배출을 위하여 연기의 희석, 배출, 차단 등이 주목적이라 할 수 있다. 그러나 지하역사의 제연설비는 소화활동을 위한 설비보다는 승강장 또는 대합실에서 여객들이 안전하고 신속하게 대피할 수 있는 피난을 위한 제연설비로 구성되어야 하며, 이에 알맞는 근본적인 검토가 필요하다.

### 2.2.1 제연설비의 문제점

- (1) 현재 지하역사에 설치된 급기와 배기시설은 여객의 쾌적성을 위한 환기설비이지 화재시의 제연(배기)을 위한 전용설비는 아니다. 또한 일부 지하역사의 경우 제연풍량이 기준보다 부족한 것으로 나타났다.
- (2) 전동차 또는 승강장에서 불이 나면 연기가 승강장과 대합실을 연결하는 계단을 통하여 대합실을 거쳐 지상으로 올라가기 때문에 전동차나 승강장에 있던 사람들이 대합실을 거쳐 밖으로 대피할 때 연기에 의해 질식될 가능성이 높으며, 실제 대구 지하철 화재에서도 확인되었다. 따라서 불이 났을 때 대합실로 올라가는 연기의 양을 줄이거나 연기의 확산속도를 최대한 억제할 필요가 있으나, 굴뚝 역할을 하는 계단에는 연기의 확산을 억제하는 어떠한 시설도 설치되어 있지 않았다.
- (3) 지하역사는 대부분 상가 등을 포함한 지하가와 같이 설치되어 있으며, 이 경우 지하역사와 지하가의 사이에는 소방법에 의한 방화구획 설정을 위하여 방화셔터가 설치되어 있다. 지하가는 지하역사를 이용하는 여객들의 주요 이동통로로 사용되어지고 있는 실정이다. 그런데, 인간은 본능적으로 비상시 자신의 신체를 보호하기 위하여 원래 온 길 또는 늘 사용하는 경로에 의해 탈출하고자 하는 귀소본능(歸巢本能)이 있다. 따라서 화재시 지하역사에서 바로 지상으로 통하는 계단이 있음에도 불구하고, 평상시 주로 이용하는 지하가로 연결된 통로를 통하여 대피하고자 한다. 이

경우, 피난동선이 길어져 대피에 상당한 시간이 경과하며 또한 폐쇄된 방화셔터가 오히려 피난의 방해요인으로 작용할 수 있다.

표 2. 제연설비 운영 및 제연경계벽 설치 현황

구 분	제연설비 운영현황		제연경계벽 설치현황	
	대합실	승강장	대합실	연결계단
철도청 (26)	-공조·제연 겸용설비로 화재시 자동전환 가능	-기계급기 ·화재시 배기 전환 가능	6	6
서울지하철 (95)	-공조·제연 겸용설비로 화재시 자동전환 가능. -공조설비로 급기 가능	-1호선:자연배기 -나머지:기계급기, 화재시 배기전환 가능	25	0
서울도시 철도(145)	-공조·제연 겸용설비로 화재시 자동전환 가능	-기계급기 ·화재시 배기 전환 가능	1	0
부산교통 공단(62)	-공조·제연 겸용설비로 화재시 자동전환 가능	-기계급기 ·화재시 배기 전환 가능	0	0
인천지하철 (21)	-공조·제연 겸용설비로 화재시 자동전환 가능	-기계급기 ·화재시 배기 전환 가능	1	0
대구지하철 (30)	-공조·제연 겸용설비로 화재시 자동전환 가능	-기계급기 ·화재시 배기 전환 가능	30	0
광주지하철 (13)	-공조·제연 겸용설비로 화재시 자동전환 가능	-기계급기 ·화재시 배기 전환 가능	13	13

### 2.2.2 대책

- (1) 현재 운영되고 있는 지하역사는 전용 제연설비가 아니고, 환기설비와 함께 설치·운영하고 있다. 이러한 역사는 평상시 승강장에 급기와 배기를 하던 공조시스템이 승강장 화재시에는 승강장에는 제연을 하고 대합실에는 급기를 하도록 제연설비를 설치·운영하여야 하며, 특히 시스템의 신속하고 정확한 전환을 위한 설비자동제어의 운영이 필수적이다. 그리고 앞으로 시공예정인 지하역사는 미국 등과 같이 환기설비와 제연설비를 분리하여 설치하며, 또한 TAB를 통한 적정한 제연용량의 확보가 필요하다.
- (2) 수직개구부인 계단의 입구에는 그림1.과 같이 제연경계벽을 설치하고, 계단 상부의 천장에도 스프링클러를 설치(가능하면 설치간격을 줄일 것)하여 연기의 수직 확산을 억제하여야 한다.
- (3) 지하역사와 지하가 사이에 설치된 방화셔터에 대하여는 하강 폐쇄동작이 단계별로

이루어지도록 하여야 한다. 즉, 처음 화재가 발생하여 연감지기 또는 열감지기에 의해 화재가 감지되면 1단계로 제연경계벽(0.6m)까지만 하강하고, 일정 시간 후 즉 여객이 대피한 후 다시 셔터가 하강하여 폐쇄하도록 하여야 한다. 이것은 방화구획의 목적을 벗어나지 않는 범위에서 피난시간을 확보할 수 있도록 반드시 여러 차례의 실험 등에 의해 확실하게 검증한 후에 하강시간 등을 설정하여야 한다

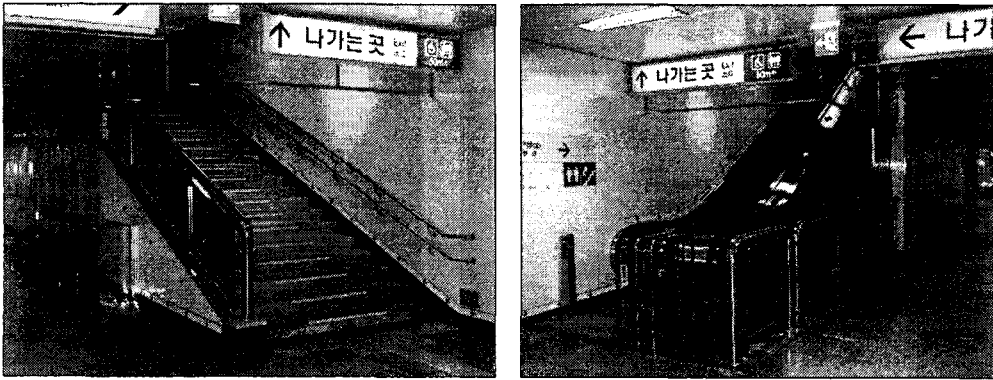


그림 1. 계단입구에 설치된 제연경계벽

## 2.3 유도등 검토

지하역사는 일반건물과 달리 창이나 개구부가 없어 피난 및 소화에 필요한 조명을 인공조명에 의존하여야 한다. 또한 지하역사의 화재시에는 공기부족으로 인하여 많은 연기가 발생하며, 폐쇄공간의 특성상 대기로의 연기 방출이 적기 때문에 피난하는 사람의 가시도가 현저하게 저하되고, 이에 따라 panic현상을 유발할 수 있으므로 피난통로를 유도하는 설비는 매우 중요하다.

소방법에는 원활한 피난을 위해 피난구유도등 및 통로유도등을 설치하도록 규정하고 있다. 그러나, 대구지하철 화재에서 보듯이 제 역할을 하지 못한 유도등에 대한 대책이 필요하다.

### 2.3.1 문제점

지하상가에 설치하는 유도등은 화재 등이 발생하여 상용전원이 정전되더라도 60분 이상 유효하게 작동시킬 수 있는 용량이나, 대부분의 지하역사는 정전시 20분 이상 작동하는 유도등을 설치·운영하고 있다.

그러나, 대구지하철 사고의 경우 화재가 처음 발생한 9시53분에서 약 40분이 경과한 10시30분 경까지 지하역사 승강장에 여객들이 있었던 것으로 휴대폰 통화내역에서 밝혀졌듯이, 20분 정도만 유효한 유도등은 체계적인 방제훈련을 받지 못한 불특정 다수의 여객들이 대피하기에는 부족하다.

또한 짙은연기에 의하여 유도등의 작동 및 확인이 곤란한 최악의 상황시에는 피난로 확보를 위한 어떠한 대책도 없는 실정이다.

### 2.3.2 대책

대부분의 지하역사는 자체적으로 형성된 소규모 지하상가가 있거나 또는 대규모 지하상가인 지하가와 직접 연결되어 있고 또 심도가 깊은 점을 감안하여, 지하역사에 설치하는 유도등은 60분 이상 유효하게 작동될 수 있도록 개선하여 유지·관리하며, 특히 유도등의 설치와는 별도로 대피동선에 축광유도표지를 설치하여 최악의 상황에서도 대피를 원활히 할 수 있도록 하여야 한다.

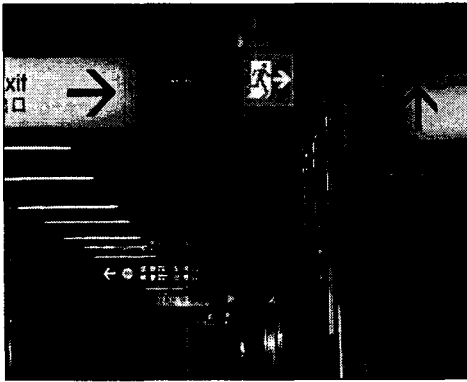


그림 2. 피난구유도등



그림 3. 통로유도등

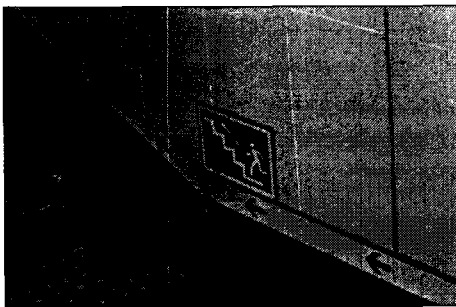
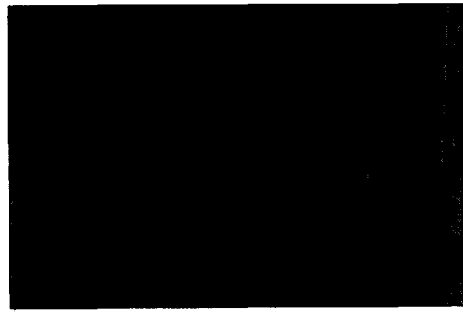


그림 4. 지하역사에 설치된 축광유도표지

※ “축광유도표지”라 함은 화재발생시 피난방향을 안내하기 위하여 사용되는 표지로서 외부의 전원을 공급받지 아니한 상태에서 축광(전등, 태양빛등을 흡수하여 이를 축적시킨 상태에서 일정시간 동안 발광이 계속되는 것을 말함)에 의하여 어두운 곳에서도 도안·문자 등이 쉽게 식별될 수 있도록 된 것을 말하며, 피난구 축광유도표지, 통로 축광유도표지, 보조 축광표지로 구분할 수 있다. 시험기준, 재질 등 제반 규정은 행정자치부 고시 제2003-23호(2003.11.29)의 “축광유도표지및축광위치표지의성능시험기술기준”에 의하며, 유도등의 대응으로는 사용할 수 없다.

## 2.4 지하역사에 설치된 설비의 운영방안 검토

지하역사에는 에스컬레이터, 엘리베이터 등의 여객 편의시설과 매표기, 개집표기 등 역무시설이 설치되어 있으며, 향후 건설되는 역사에는 더 많은 설비들이 설치될 것이다. 이 모든 설비는 평상시 여객이 편리하게 이용할 수 있어야 할 뿐만 아니라, 화재 등 비상시에는 여객의 피난에 지장을 주어서는 안 된다.

### 2.4.1 문제점

지하역사에 설치된 에스컬레이터 등의 승강설비와 개집표기 등의 역무자동화설비는 화재시에도 계속 정상 작동하도록 운영하고 있어 비상시 여객들의 피난에 지장을 초래하고 있으며, 엘리베이터의 경우에는 정전에 대비한 대책이 없다.

### 2.4.2 대책

지하역사에는 설비자동제어를 설치하여 평상시 각종 역사내 설비의 자동 또는 수동의 제어가 가능하도록 하고, 화재시에는 화재수신반의 신호를 받은 설비자동제어에 의해 모든 설비가 자동으로 여객의 대피에 가장 효율적인 방향으로 작동 또는 정지하여야 한다. 즉, 지하 방향으로 움직이던 에스컬레이터는 멈추며, 운행 중인 엘리베이터는 지상층 등 대피에 가장 유리한 층에서 정지하고, 개집표기 역시 개방되도록 화재수신반과 연동시켜 설치·운영하여야 한다.

특히, 엘리베이터의 경우 정전시를 대비하여 비상 전원인 UPS 또는 ARD를 설치·운영하여 정전시에도 엘리베이터 내의 여객이 기준층으로 안전하게 대피할 수 있도록 하여야 한다.

※ UPS(Uninterruptible Power Supply) : 무정전전원공급장치

※ ARD(Automatic Rescue Device) : 승객자동구출장치

## 3. 결 론

대구지하철 방화사고에서 인명피해에 가장 많은 영향을 준 요인으로는 전동차 내장재, 제연설비 그리고 비상시 위기관리능력 등 크게 3가지를 들 수 있다. 그 외에도 건축법, 소방법 등 제도적인 미비와 국민의 안전에 대한 교육 및 의식수준의 저급화 등 서론 부분에서 언급한 바와 같이 많은 원인을 내포한 복합적인 결과이다.

이러한 원인을 해결하는 데는 상당한 예산이나 시간이 필요한 사항도 있고, 많은 예산



은 수반되지 않으나 지속적으로 교육하고 훈련해야만 효과를 거둘 수 있는 사항도 있다.

본 연구에서 살펴본 계단입구의 제연경계벽 설치, 방화셔터의 단계별 하강, 축광유도표지 설치 및 지하역사 설비의 적절한 운영 등은 많은 예산을 사용하지 않고도 기존의 역사에 적용이 가능하며, 즉시 효과를 거둘 수 있는 개선 방안으로 지하역사의 방재설비 개선에 도움이 될 것이다.

#### 4. 참고문헌

1. 한국철도기술연구원, “철도지하구간 건축설비의 최적 조건을 위한 유지보수 시스템 개발” (2003.7)
2. 왕종혁, “철도위험분석 및 안전관리 개선대책 수립”, 철도웹진 40호 (2003.9)
3. 감사원, “지하철안전관리실태 감사결과” (2003.9)
4. 박의철, “대구 지하철역 제연의 문제점과 대책”, 한국화재·소방학회 논문집, Vol. 17, No.4, pp.98-110 (2003.12)
5. 윤명오, “대구지하철 화재의 문제점 및 도시철도 안전대책 확보방안” (2003.9)
6. 왕종배, 홍선호, 김상암, 박옥정, “철도터널 및 지하구간에서의 화재사고 위험성 분석 연구”
7. 권선욱, “년령별 피난시간에 따른 피난계획에 관한 연구”, 졸업논문 (2001.2)
8. 강신형, “대형 터널내의 화재 시뮬레이션”, 산학기술협력연구논문집 제3권 (2001.12)
9. 김국래, “공공시설의 인명안전 대책”, 방재와보험제98호, pp.30-35 (2003 여름호)
10. 화재보험협회, “대구지하철 화재조사 보고서” (2003)
11. <http://kimjp11.netian.com>(지하철을사랑하는사람들)