

지하공간의 위험관리정보시스템에 관한 조사 연구*

- 지하가의 화재예방평가시스템 중심으로 -

A Field Survey on the Risk Management Information System on the Underground Space

- Focused on Fire Protection Assessment System
on the Underground Shopping Malls-

박 종 근*/노 삼 규**

Park, Jong-keun*/Roh, Sam-Kew**

Abstract

A large number of accidents at an underground place have been happening, including the gas explosion under construction of subway, the fires of underground utility and underground shopping malls, and other explosion, at home and abroad recently. These accidents make the function of a city ineffective due to the paralyses of electricity and communications net as well as the loss of property, and cause people to feel unsecured with accompaniment of a heavy toll of lives.

This study suggests safety assessment items and fire protection assessment technique for underground shopping malls by extracting dangerous elements in the management stage through examination of related accidents, documents and present conditions.

Key words : Risk, Assessment, Risk assessment system. Underground space

요 지

최근 국내·외에서 지하철 공사현장 가스폭발, 지하 공동구 화재, 지하가 화재·폭발 등 지하공간에서의 사고가 다수 발생하고 있다. 이러한 사고는 재산의 손실 뿐 아니라 전력, 통신망 마비로 도시 기능을 무력화시키고, 인명 피해의 대형화를 동반함으로써 도시민의 안전을 위협하고 있다.

따라서 지하공간 중 지하가의 사고·사례와 문헌 연구 및 실태를 조사, 검토하고, 운영·관리 단계에서 위험 요인을 도출하여 안전대책의 평가요소 및 화재예방평가 시스템을 제시하고자 한다.

핵심용어 : 위험성, 평가, 위험성평가시스템, 지하공간,

* 이 논문은 2001년도 광운대학교 교내학술연구비 지원에 의해 연구되었음.

** 벽성대학 건설안전과교수

*** 광운대학교 건축공학과 교수

1. 서 론

최근 도시의 과밀화, 지가 상승, 평면적 토지 공간이 부족하게 됨에 따라 도시기능의 일부를 지하 공간으로 흡수하고자 하는 노력이 발생하게 되었고, 이에 대한 사회의 관심이 높아지고 있어 지하 공간의 활용이 증가되는 추세이다.

국내·외에서 지하철 공사현장 가스폭발, 지하 공동구 화재, 지하가 화재·폭발 등 지하공간에서의 사고가 다수 발생하고 있다. 이러한 사고는 재산의 손실 뿐 아니라 전력, 통신망 마비로 도시 기능을 무력화시키고, 인명 피해의 대형화를 동반함으로써 도시민의 안전을 위협하고 있다. 지하공간에 있어서 사고는 지하가, 지하통로 및 건축물 지하 등이 30%를 차지하고, 사고 형태는 화재·폭발이 36%를 차지하고 있다¹⁾.

현재까지의 지하공간 개발은 지상공간과의 관계나 도시계획과의 관계 등 여러 가지 측면에서 상호연관이 되지 못한 채 개별적으로 이루어지고 있어 잠재위험이 산재되어 있다. 그럼에도 불구하고 지하공간의 이용은 더욱 활성화 될 것으로 예상되며, 지하공간의 안전성과 쾌적성 확보를 위해서는 계획, 설계, 시공, 운용·관리 각 단계에서 안전성 확보가 요구된다.

따라서 본 연구에서는 지하공간 중 지하가의 사고·사태와 실태를 조사, 검토하고, 운용·관리 단계에서 위험 요인을 도출하여 안전대책의 평가요소 및 사전에 위험성을 평가 할 수 화재예방평가시스템을 제시하고자 한다.

2. 지하공간의 특성 및 재해현황

지하공간은 지상공간에 비해 폐쇄적 공간임으로 화재·폭발의 영향을 받기 쉽다. 지하공간의 특성으로 주된 것은 ① 피난에 있어서 외부공간을 활용한 최종피난 수단이 없는 것, ② 밀폐된 공간인 것, ③ 피난방향이 상 방향이 되기 때문에 피난·소방 활동 등의 곤란성이 있는 것, ④ 자기의 위치와 방향을 알 수 없는 등의 특수성과 방재상의 문제점이 있다.

Table 1은 사고의 기인장소의 용도와 사고의 종류에 따라서 과거 20년간 지하공간에서 발생했던 사고의 건수를 신문 등의 기사로부터 표를 간략화한 것이다. 화재·폭발이 226건(30.1%)으로 비율이 높고, 화재의 경우 용도에 따른 분류에 의하면 건축물지하, 지하가·지하통로 등의 순으로 발생하였다.

3. 지하공간의 위험성평가 시스템 구축

3.1 시스템의 레이아웃

본 연구의 지하공간 위험성 평가 시스템은 “화재예방평가시스템”, “화재확산평가시스템”, “비상대응평가시스템”, “피난평가시스템”의 4가지 서브시스템으로 구성되어있으나, 본 논문에서는 지하가 화재의 위험성을 보다 효율적이고 신속하게 평가할 수 있는 “화재예방평가시스템”을 설명하고자 하며, 그 레이아웃은 Fig. 1과 같다.

3.2 위험도 산정 및 화재예방평가 시스템

지하가 화재에 관한 안전대책을 출화방지대책·화재발견·연락통보대책·초기소화대책·연소확대방지대책·피난대책·소방활동대책·관리대책의 7

Table 1 Distribution of accident at underground space

구분	화재·폭발	자연재해	교통재해	산소결핍/누전	범죄	공사에 의한 사고	기타	계
지하가·지하통로	55	4	0	0	1	1	6	67 (10.1%)
지하주차장	6	3	2	4	1	1	1	18 (2.9%)
건축물지하	81	3	1	15	3	9	5	117 (18.7%)
지하역사	21	2	0	0	6	0	6	35 (5.6%)
지하철,통로터널	23	12	14	3	2	26	25	105 (16.8%)
라이프라인	16	15	5	70	4	57	40	207 (33.1%)
계	226	42	22	122	17	101	96	627
%	36.1	6.7	3.5	19.5	2.7	16.1	15.3	100

출전: (사)일본손해보험협회, 1991. 10 「지하공간에 있어서 사고·재해사례집」의 1971년 이후 메스컴기

록의 재해건수분포

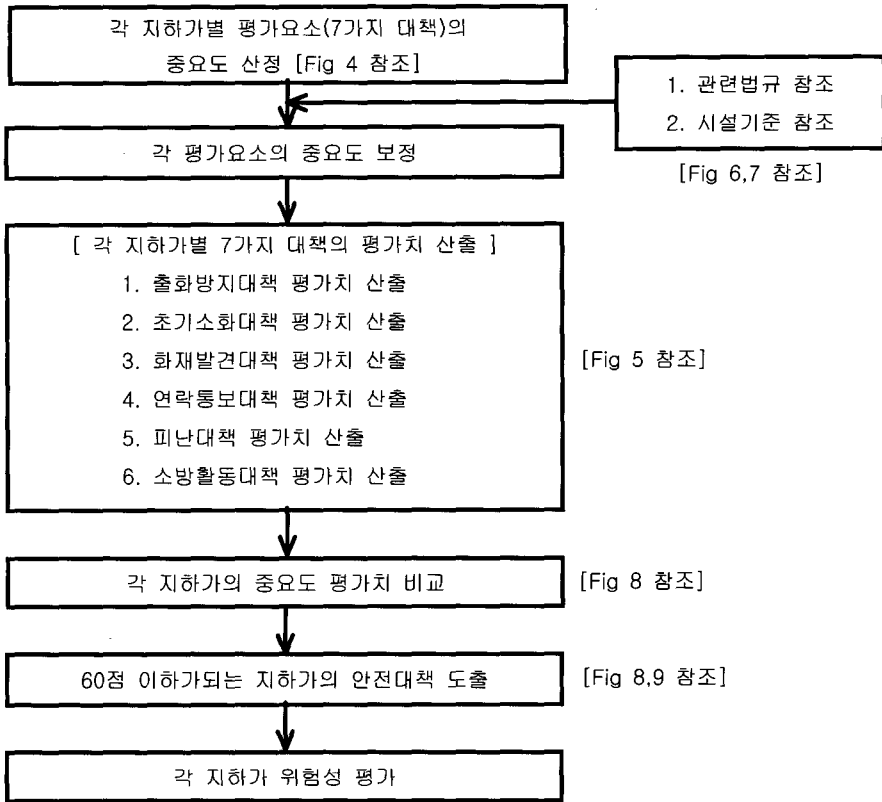


Fig 1. Layout of protection assessment system on fire

가지로 분류하고, 각각의 대책에 대해 평가요소를 도출하였다. 그리고 각 대책의 평가요소 평가치의 중요도를 산정하고, 각 평가요소의 평가치 집계가 100이 되도록 평가하였다. 또한, 평가 레벨에 대해서는 만족·보통만족·불만족의 3단계로 분류하고, 각 평가요소의 평가레벨의 집계를 그 대책의 평가 집계 점수로 산정하였다.

지하가 화재에 관한 위험성 평가표는 7가지 대책 각각의 평가요소에 대하여 방화관리자 인터뷰로서 중요도를 수행한 후 평가치를 기준으로 지하가의 위험도를 산정 하였다. 지하가의 화재 위험도 산정시에 각 평가요소의 하한치를 1.0으로 하고, 상한치를 2.0으로 해서 각 평가요소의 중요도(2.0, 1.5, 1.0)를 산정한 후, 각 점수의 편차를 다음과 같은 방법으로 보정하여 재산정하였다.

첫째, Table 2에서와 같이 각 평가요소의 중요도를 평가한 수치를 2.0, 1.5, 1.0로 분류한다.

둘째, Fig 2에서와 같이 중요도 산정(2.0, 1.5, 1.0)에 대한 평균치를 산출한다.

셋째, 각각 지하가의 중요도를 보정하기 위해서, Fig 2에서 산출한 평균치 1.655 이상이 되는 지하가는 할인하고, 이하가 되는 지하가는 할증하기 위해서 Fig 3과 같이 산출한다.

Table 2. Computation for importance of evaluation elements

출화방지대책						
평가요소	평가요소의 중요도 산정					
	A	B	..	Q		
1. _____	2.0	2.0	..	2.0		
2. _____	1.5	2.0	..	2.0		
·	·	·	..	·		
11. _____	1.5	2.0	..	1.5	계	
a = 2.0	8	6	..	5		103
b = 1.5	3	0	..	4		59
c = 1.0	1	6	..	3		40
					계	202
평가요소 11항목×양케이트 수행자수 = 204 두명의 무응답 때문에 204개-2개 = 202개						

$103 \div 202 = 0.51$
 $59 \div 202 = 0.29$
 $40 \div 202 = 0.20$
 $0.51 \times 2.0 + 0.29 \times 1.5 + 0.2 \times 1.0 = 1.655$
 다른 각사람의 점수를 1.655로 한다.

Fig.2 Average of computation for importance

A 지하가 = $[8\text{개} \times 2.0(\text{중요도}) + 3\text{개} \times 1.5(\text{중요도}) + 1\text{개} \times 1.0(\text{중요도})] \div 11(\text{평가요소}) = 1.95$
 즉, A지하가 할인율 :
 $1.655 \div 1.95 = 0.849$
 따라서, A지하가의
 $2.0(\text{중요도})$ 의 보정치는 $2.0 \times 0.849 = 1.70$
 $1.5(\text{중요도})$ 의 보정치는 $1.5 \times 0.849 = 1.27$
 $1.0(\text{중요도})$ 의 보정치는 $1.0 \times 0.849 = 0.85$

Fig. 3 Compensation for importance of each underground shopping mall

평가요소	지하가별 평가요소 중요도 산정					평가
	A 지하가	B 지하가	C 지하가	D 지하가	F 지하가	
1. 화기사용설(국방용설) 방화구획 되어있다.	1.70	1.80	1.92	1.76	1.71	1.86
2. 화기사용설(공안용설) 방화구획 되어있다.	1.00	1.11	1.22	1.06	1.01	1.06
3. 화기사용설(국방용설) 방화구획 되어있다.	1.06	1.17	1.28	1.16	1.11	1.16
4. 화기사용설(국방용설) 방화구획 되어있다.	1.06	1.17	1.28	1.16	1.11	1.16
5. 가스 안전장소(가스) 방화구획 되어있다.	1.06	1.17	1.28	1.16	1.11	1.16
6. 소방용 호드에서 가스를 사용하는 장소에는 가스배출 설비를 설치한다.	1.06	1.17	1.28	1.16	1.11	1.16
7. 화기사용설(국방용설) 방화구획 되어있다.	1.06	1.17	1.28	1.16	1.11	1.16
8. 방화문(방화) 방화구획 되어있다.	1.06	1.17	1.28	1.16	1.11	1.16
9. 방화문(방화) 방화구획 되어있다.	1.06	1.17	1.28	1.16	1.11	1.16
10. 방화문(방화) 방화구획 되어있다.	1.06	1.17	1.28	1.16	1.11	1.16
11. 방화문(방화) 방화구획 되어있다.	1.06	1.17	1.28	1.16	1.11	1.16

Fig. 4 Computation for importance of evaluation elements

위의 세 가지 방법을 이용하여 각 지하가의 화재 안전대책에 대한 위험성평가 시스템을 전산화하여 제시하였다.[Fig 4]

지하가 화재에 관한 안전대책을 각 지하가 별로 중요도 보정 및 평균치를 산출한 모듈은 Fig 4와 같다.

A지하가의 화재안전대책 평가 결과는 Fig 5과 같다.

평가요소	중요도	평가결과					평가
		합격	불합격	불합격	불합격	불합격	
1. 화기사용설(국방용설) 방화구획 되어있다.	1.70	○	○	○	○	○	합격
2. 화기사용설(공안용설) 방화구획 되어있다.	1.06	○	○	○	○	○	합격
3. 화기사용설(국방용설) 방화구획 되어있다.	1.06	○	○	○	○	○	합격
4. 화기사용설(국방용설) 방화구획 되어있다.	1.06	○	○	○	○	○	합격
5. 가스 안전장소(가스) 방화구획 되어있다.	1.06	○	○	○	○	○	합격
6. 소방용 호드에서 가스를 사용하는 장소에는 가스배출 설비를 설치한다.	1.06	○	○	○	○	○	합격
7. 화기사용설(국방용설) 방화구획 되어있다.	1.06	○	○	○	○	○	합격
8. 방화문(방화) 방화구획 되어있다.	1.06	○	○	○	○	○	합격
9. 방화문(방화) 방화구획 되어있다.	1.06	○	○	○	○	○	합격
10. 방화문(방화) 방화구획 되어있다.	1.06	○	○	○	○	○	합격
11. 방화문(방화) 방화구획 되어있다.	1.06	○	○	○	○	○	합격
계산							합격

Fig. 5 Evaluation table for the policy against outbreak of fire at A underground shopping mall

위험성 평가표[Fig 5]에서 각 평가요소의 평가레벨 산정시 참조 버튼을 클릭하면, 그 평가요소를 만족시켜야할 관련 법령 및 시설기준을 검색할 수 있다[Fig 6], [Fig 7].

화기사용설(국방용설) 방화구획 되어있다.

방화구획되어있는 경우	○	관련법령
방화구획되어있지 않는 경우	△	
불안전한 구역의 경우는 ×로 하고, △는 사용하지 않는다.		
구획의 유무는 설계도면에 따라 판별한다.		

종료

Fig. 6 Reference 1 of the fire prevention block for each room

관련법령

[관련법령]

- 건축법 제39조: "건축물의 피난시설-용도제한 등"
- 건축법 시행령 제46조, 제57조, 제64조

[참조]

: 건축물의 피난방화구조 등의 기준에 관한 규칙 제14조, 제21조

[설치기준]

: 방화구획 설치는 내화구조 또는 불연재재료로 된 건축물로서 면적 1,000㎡이상

1. 지하층은 층마다 구획
 - 1) 구획부분의 구조: 내화구조의 벽, 벽, 강중방화문, 자동방화셔터로 구획(방화)
 - 2) 방화문 부속: 관통부는 시멘트모르타르 등 불연재로 충전
 - 3) 방화문 설치: 환기, 냉난방시설의 풍도가 방화구획을 관통하는 경우
 - 4) 방화문 설치: 단원상대 유지, 화재로 자동적으로 닫히는 구조
 - 5) 방화벽 설치: 면적 1,000㎡이상

수정 | 저장 | 종료

Fig. 7 Relevant law of reference 1

평가요소	지하가별 평가요소 중요도 산정						평균
	A 지하가	B 지하가	C 지하가	D 지하가	E 지하가	F 지하가	
1. 소화방지대책	180	189	172	187	181	181	185
2. 화재발견/연락통보대책	180	176	172	186	181	180	186
3. 초기소화대책	170	177	176	176	180	189	173
4. 연소확대방지대책	159	184	176	181	189	180	185
5. 피난대책	171	187	171	181	181	182	184
6. 소방활동대책	174	175	177	170	182	186	170
7. 관리대책	172	182	173	187	187	180	184

Fig. 8 Average computation for importance of the underground shopping mall

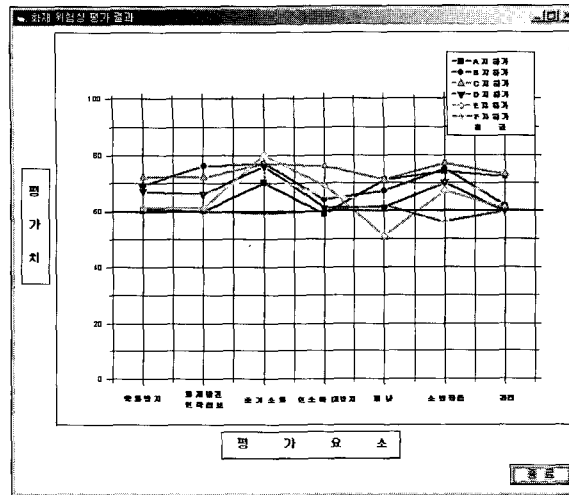


Fig. 9 Analysis of risk assessment on fire

3.3 지하가 화재 위험성평가 결과

위험성평가 시스템 평가표 Fig 5에 의하여 A 지하가의 나머지 6개 안전대책을 평가하고, 앞의 창들을 이용하여 지하가 B·C·D·E·F지하가의 위험성 평가를 수행한 결과는 Fig 8와 같다.

서울소재 6개소의 지하가에 대해 화재 위험성평가 요소로서 도출한 7가지 대책을 본 논문에서 구축한 지하가의 화재 위험성평가 시스템을 이용하여 평가한 결과는 Fig 9과 같다. 6개소 지하가가 대부분 기준치(60점)를 만족하고 있어 화재에 관한 안전성이 확보되어 있다고 볼 수 있으나, A 지하가는 연소확대방지대책, E 지하가는 피난대책, F 지하가는 초기소화대책과 소방활동대책이 기준치 이하로 평가되었다.

4. 결 론

본 논문의 평가시스템을 이용하면, 지하가의 정량적 위험성평가 수행이 가능하다. 또한 국내의 지하가에 적용·분석하면 현 지하가의 문제점 도출 및 안전대책을 강구 할 수 있고, 상호 지하가와 위험도 비교·분석도 수행할 수 있어, 지하가의 안전관리 및 방재 계획 수립시 다양한 지표로 활용할 수 있을 것이다.

앞으로 “화재확산평가시스템”, “비상대응평가시스템”, “피난평가시스템”의 3가지 서브시스템을 개발하고, 산출된 평가 결과를 GIS와 연계하여 화재 확산 경로 및 연소면적을 공간정보로 표현함으로써 종합적인 위험관리정보시스템에 관한 연구가 수행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- 1) 박종근, 노삼규, 지하공간의 위험성평가 수법에 관한 연구, 한국화재·소방학회, 제15권 제4호, 2001
- 2) 박종근, 노삼규, 서영민, 지하공간의 위험성평가 시스템에 관한 연구, 한국화재·소방학회, 제16권 제2호, 2002
- 2) 日本火災學會誌“火災”Vol.41 No.5 「都市の地下空間における施設の防火安全対策の在り方について」、1991, p28-34
- 3) 社団法人日本 損害保險協會, 「地下空間の安全・防災対策に関する調査・研究報告書 = 地下空間の安全性評價研究 =」, 平成5年 3月
- 5) 地下空間利用研究, 「地下都市」清文社, 1989.8. p172-197
- 6) 國土廳大深度地下利用研究會, 「大深度 地下利用の課題と展望」, 平成10年 p221-222
- 7) (社)日本都市計畫學會, 「安全と再生の都市づくり」, 學藝出版社, 1999.2, p121-147