

터널안전에 대한 인적위험 요소와 대피행동 간의 관계분석

백충현¹, 박세만¹, 최병정^{2*}

¹경기대학교 일반대학원 도시방재학과, ²경기대학교 건축공학과

Analysis of the Relationship between Human Risk Factors and Evacuation Behavior for Tunnel Safety

Chung-Hyun Baek¹, Sea-Man Park¹, Byong-Jeong Choi^{2*}

¹Department of Urban Disaster Management Engineering, Kyonggi University Graduate School

²Department of Architectural Engineering, Kyonggi University

요약 본 연구는 터널 내 안전에 대한 인적위험 요소와 대피행동 단계 간의 관계분석을 위해 실시되었다. 따라서 본 연구는 터널을 이용하는 운전자로서 터널 환경을 이해하는 141명을 대상으로 하여 인적위험 요소와 대피행동에 대하여 터널 안전을 위해 안전시설물과 안전행동의 최적화된 상호작용을 이끌어 내기 위해 구조화된 설문을 통하여 관계 조사연구를 진행하였다. 설문조사 기간은 2018년 6월 24일부터 9월 28일까지 진행하였다. 자료 분석방법은 빈도분석, 다중회귀분석(Multiple Regression Analysis), Independent Sample t-test를 실시하였다. 연구결과 인적위험 요소와 대피행동 주요 변인간의 상관관계에 있어서 대피단계 1, 2, 3 가속화와 지연의 관계는 모두 상관관계가 있었으며, 인적위험 요소는 부분적으로 상관관계가 나타났다. 다음으로 다중회귀분석을 이용해 인적위험 요소와 대피행동 간의 영향관계에 영향을 미치는 요인으로 법규준수의지($\beta=0.188$, $p=0.034$)와 터널 내 정보인지($\beta=0.220$, $p=0.009$)로 나타나, 인적위험 요소가 대피행동 3 가속화에 미치는 영향력에 대한 12%의 설명력을 나타냈다. 본 연구에서 인적위험 요소와 대피행동 간의 중요한 변인은 법규준수와 터널 내 정보인지를 확인하였다. 따라서 터널 내 환경과 상호작용하는 요소의 연구가 필요하다.

Abstract The purpose of this research was to analyze the relationship between human risk factors and evacuation behavior stages for tunnel safety. Therefore, we conducted a survey using a structured questionnaire on the relationship between safety facilities and safety behavior in order to derive an optimized interaction between the two. The research subjects were 141 tunnel users who understand the tunnel environment. The survey period was from June 24, 2018, to September 28, 2018. As data analysis methods, we employed a frequency analysis, a multiple regression analysis, and an independent-sample t-test. In the analysis of the correlation between the human risk factors and the major variables of evacuation behavior, the evacuation phases 1, 2, and 3 were all correlated with acceleration and delay, and the human risk factors were partially correlated. In the multiple regression analysis, the will to comply with laws ($\beta=0.188$, $p=0.034$) and information recognition within the tunnel ($\beta=0.220$, $p=0.009$) were factors that influence the relationship between human risk factors and evacuation behavior, indicating 12% explanatory power of the impact of human risk factors for the acceleration of evacuation behavior 3. The important variables between human risk factors and evacuation behavior were compliance with laws and information recognition in tunnels. Hence, it is necessary to study the elements that interact with the environment in the tunnel.

Keywords : Human Risk Factors, Tunnel, Evacuation Action Phase, Correlation, Safety

*Corresponding Author : Byong-Jeong Choi(Kyonggi Univ.)

email: bjchoi@kyonggi.ac.kr

Received May 10, 2019

Revised June 11, 2019

Accepted July 5, 2019

Published July 31, 2019

1. 서론

1.1 연구의 필요성

터널은 인프라의 중요한 구성의 요소로써 도시와 자연 환경 그리고 수송이라는 측면에서 인간의 삶에 반드시 필요한 시설이라 할 수 있다. 현재의 국내 도로터널은 장대화가 이뤄지고 있으며, 다양한 형태의 터널이 적용 가능하도록 하고 있어 위험요인 및 영향력에 대한 안전, 특히 화재로부터의 인명 보호는 더욱 중요해 지고 있다[1].

초기의 터널은 장애물(일반적으로 산)과 도심지 지하 공간을 통과하기 위한 목적으로 설치된 터널은 최근 몇 년 동안 복잡한 장비(환기시스템을 포함)들의 결합증가와 운영방법에 있어서 점점 복잡해지고 있다. 여기에는 정교한 운영 시나리오를 모두 수용할 수 있도록 설계된 수만 개의 항목을 제어할 수 있는 통제시스템 및 제어장치의 배치를 포함하고 있다[2]. 또한, 1999년과 2001년 사이에 일어난 Mont Blanc, Tauern, Gotthard 터널의 참사 이후, 전체적인 시스템 관점에서 안전과 관련된 모든 요소에 대한 인식의 필요성이 강조되었다[3].

도로터널에서 발생하는 차량의 화재는 일반 건축물 화재와는 달리 차량의 연료인 휘발유, 경유, LPG 등 화재 발생 시 연소 속도가 빠른 가연성 액체와 폭발적인 연소 확대가 일어나는 가연성 가스로 인해 화재 위험성이 크게 증가한다. 또한, 도로터널의 구조적인 특성으로 인해 화재 시 유독가스의 배출이 용이하지 않아 질식사의 위험성 및 다량의 연기 발생으로 가시도 저하에 따른 피난의 어려움 등, 복합적인 화재의 위험요소를 지니고 있다. 이로 인하여 도로터널 화재 예방 및 대응에 대한 연구가 요구되고 있다[4].

터널은 자연환경의 훼손을 최소화시키고, 이동 거리를 단축시키기는 등의 장점이 있는 반면, 교통사고의 위험성이 매우 높고, 밀폐된 공간의 특성상 화재 등 복합적인 요인에 의한 대형 인명 피해가 발생할 우려가 높다는 단점도 병행하고 있다.

도로교통공단의 통계에 따르면 터널사고의 사망률은 일반 교통사고 사망률(1.94%)에 비해 약 2배 정도 높은 수치(5.05%)에 달하고, 사고의 원인으로는 안전거리 미 확보와 안전운전 의무위반이 89.3%로 대부분을 차지하고 있다[5].

터널 내부에서 사고가 발생한 경우, 즉각적인 대피가 곤란할 뿐만 아니라 후속차량 유입으로 인한 효과적인 통제가 어렵고, 차량 추돌사고 시 연료누출에 의한 폭발로 내부 온도가 1000℃~2000℃까지 오르는 대형 화재

로 이어질 가능성이 농후하다. 또한, 도로터널 관리에 있어서 정상 시 정상적인 관리의 상황과 위험상황에서의 터널 내 인간행동의 관계를 분석하고 이러한 요인을 바탕으로 터널 방재시설 설계 및 유지관리에 대한 권장사항 제공의 필요성이 대두되고 있다.

1.2 연구의 목적

세계도로협회에서 제공하는 “터널안전에 대한 인적 요소에 대한 영향요인”을 살펴보면 “터널안전관리를 최적화하기 위해서 인간의 행동능력과 한계, 시설물들과 상호작용에 대한 결과와 절차가 포함된 시스템의 보장이 이루어지기 위해 인간의 능력한계로 인지와 정보처리, 동기부여, 의사결정과 행동에 관해서는 신체적, 정신적, 심리적 절차와 연관성을 말하고 있다.

이에 본 연구는 터널안전에 대한 인적요소를 중심으로 법규준수, 터널 내 정보인지, 운전자의 오류경향성, 흥분추구성향 등과 대피행동 간의 관계분석을 통하여 기존의 PIARC 기술위원회에서 연구해온 “인간행동에 관한 지식 사용자 자신과 인프라 특히 통신장비와 자기 대피를 포함한 안전시설의 설계를 최적화 할 수 있도록 하기 위한 필요와 터널 운용조직과 응급구조대가 비상 상황에 대한 최적의 관리를 보장하기 위한 조율 시” 최적화 시스템을 위한 터널안전에 대한 인적위험 요소와 대피행동 간의 관계를 도출하는 것에 그 목적이 있다.

2. 실증적 분석방법

2.1 연구의 설계

본 연구는 터널 이용자의 표본 특성과, 운전자의 오류 경향성, 흥분추구성향, 법규준수의식, 터널 내부에 제공되는 정보인지, 터널 내 위험상황에서의 대피 3단계 등의 터널안전에 대한 인적위험 요소와 대피행동 간의 관계요인을 확인하기 위한 실증적 관계분석 연구이다.

2.2 연구의 표본

본 연구의 대상자는 편의 표본에 의한 운전가능한 일반직장인을 대상으로 조사되었다. 총 150부 중 145부가 회수되어 불성실한 응답 4부를 제외한 141부를 실증분석 하였다. 표본의 연구대상자는 운전을 하면서 터널을 이용하는 터널화재 위험에 대한 이해와 연구의 목적을 이해하는 대상자로 하였다.

2.3 실증분석의 도구

본 연구는 변수의 적절성을 알아보기 위해 요인분석을 실시하였다. Table 1의 Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) 테스트는 데이터가 요인 분석에 얼마나 적합한가를 측정한다. 표준형성 적절성의 Kaiser-Meyer-Olkin(KMO)의 값은 0.825로 나타나 기준치 0.05보다 높게 나타났다. 또한 이 테스트는 모델 및 전체 모델의 각 변수에 대한 샘플링 적합성을 측정한다. 여기서 Bartlett의 구형성 검정의 유의확률이 0.000으로 나타나 전반적으로 변수들 간의 상관관계는 유의하게 나타나 요인분석하기에 적합한 자료임을 확인하였다.

Table 1. Running the Kaiser-Meyer-Olkin(KMO) Test

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy		0.825
Bartlett's test of Sphericity	Approx. Chi-square	5037.003
	df	1326
	Sig	0.000

2.3.1 표본의 특성

성별, 연령, 학력, 직업, 결혼 유·무, 평균 월 소득, 운전경력, 평균 운전시간, 차종과 배기량 등 9문항으로 구성하였다.

2.3.2 운전자의 오류경향성

운전자의 레윈(Lewin) 행동 법칙은 행동(B)을 인간의 행동(f)의 함수관계로 보아 $B=f(P, E)$ 로 표시하고, 환경은 인적요인(P)과 외적요인(E)으로 나누어 $B=f(P*E)$ 로 불안전 행동요인으로 활용하였다. 즉 행동은 장(사람과 환경)의 함수관계로 설정한다. 이 공식을 불안전 행동 배후요인으로써 본 연구의 변수 정보수용 능력에러, "습관 행동에러, 의식 중단에러, 망각에러, 지식부족" 및 기량부족에러[6] 등의 요인이다. 오류경향성은 5문항의 자기보고식 문항으로 Likert 5점 척도(1=전혀 그렇지 않다, 2=그렇지 않다, 3=보통, 4=그렇다, 5=매우 그렇다)로 구성되어 있으며, 높을수록 운전자 오류 경향성이 높은 것을 의미한다. Cronbach Alpha 0.879로 나타나 내적일관성이 높은 것으로 나타났다.

2.3.3 운전자의 흥분추구성향

운전자의 흥분추구성향과 관련된 자기보고식 5문항 Likert 5점 척도(1=전혀 그렇지 않다, 2=그렇지 않다,

3=보통, 4=그렇다, 5=매우 그렇다)로 구성되어 있으며, 높을수록 운전자 흥분추구성향이 높은 것을 의미한다. Cronbach Alpha 0.601로 나타나 내적일관성이 적당한 것으로 나타났다.

2.3.4 법규준수의식

운전자의 일반법규준수와 교통법규준수 사항에 대한 6문항 Likert 5점 척도(1=전혀 그렇지 않다, 2=그렇지 않다, 3=보통, 4=그렇다, 5=매우 그렇다)로 구성되어 있으며(C4, C5, C6문항은 역코딩), 높을수록 운전자의 법규준수 수준이 높은 것을 의미 한다. Cronbach Alpha 0.769로 나타나 내적일관성이 높은 편으로 나타났다.

2.3.5 터널내부에 제공되는 정보인지

터널 내부에 제공되는 정보인지 사항은 터널 내 조명 기능에 대하여 알고 있다, 연기환기 설비에 대하여 알고 있다, 대피구역에 대한 정보를 알고 있다, 터널 내 방송설치에 대하여 알고 있다, 터널 내외부 안전표지판에 대하여 알고 있다 등의 5문항이며 Likert 5점 척도(1=전혀 그렇지 않다, 2=그렇지 않다, 3=보통, 4=그렇다, 5=매우 그렇다)로 구성되어 있으며 높을수록 터널에 대한 정보를 높게 인식하고 있음을 알 수 있다. Cronbach Alpha 0.903로 내적일관성이 높게 나타났다.

2.3.6 터널 내 위험상황에서 대피행동 3단계

Table 2는 터널 내 위험상황에서의 대피행동 1단계 10문항, 2단계 11문항, 3단계 10문항으로 총 31문항으로 구성하였으며, PIARC 기술위원회에서 연구해온 대피행동 3단계 이론 개념을 Likert 5점 척도(1=전혀 그렇지 않다, 2=그렇지 않다, 3=보통, 4=그렇다, 5=매우 그렇다)로 척도화 하였다.

Table 2. reliability statistics

Evacuation Behavior	Number of Questions	Cronbach Alpha
One-Step -Acceleration	5	0.829
One-Step-Delay	5	0.772
Two-Step -Acceleration	6	0.835
Two-Step-Delay	5	0.774
Three-Step -Acceleration	5	0.890
Three-Step-Delay	5	0.900

2.3.7 터널 입구 위험 이미지에 대한 평가순위

특히 밝은 곳에서 어두운 곳으로 갑자기 들어갈 때 약 7초 전·후 아무것도 보이지 않다가 점차 보이게 되는 암순응 현상과 이와 반대로 약 1초 전·후 좌·우·상·하 주시영역 저하(눈부심 현상)로 인한 지각능력 감소 등에서 오는 심리적 불안 상태도 사고요인의 한 원인을 차지하고 있다. Eberl은 오스트리아의 여러 터널 입구에 대한 평가 보고서에서 터널 입구의 아키텍처가 터널에 접근 할 때 운전자의 인상(억제, 위험, 좋은 안내 속성, 정보, 감속효과)에 긍정적 또는 부정적 영향을 미칠 수 있음을 보여주었다[7].

본 연구의 터널 입구 이미지에 대한 위험 순위를 측정하는데 있어서 터널 입구는 지칫속성보다는 단순하게 터널 입구 이미지에 대한 응답을 집계한 것이다. Fig. 1에서 터널 입구가 위험해 보이는 이미지에 대한 평가 순위는 Fig. 2와 같이 Picture 3C가 58.87%로 가장 위험해 보인다는 응답을 하였으며, 다음 순으로는 Picture 2B가 24.11%로 나타났다. Picture 5E-9.929%, Picture 4D-4.255%, Picture 1A- 2.837%의 순으로 순위가 낮을수록 안전한 이미지로 나타났다.

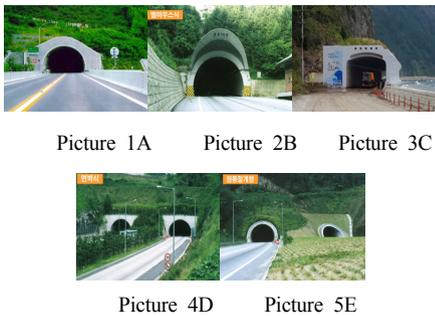


Fig. 1. Tunnel image photo

Tunnel risk image order

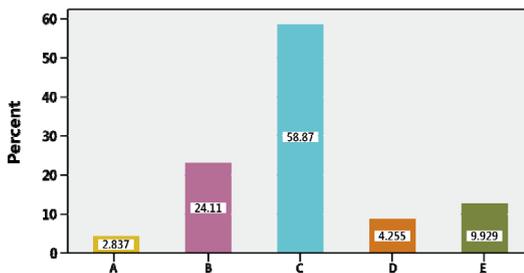


Fig. 2. Tunnel risk image order

2.3.8 표본 특성의 일반적 사항

최근 2015~2017년 사이의 터널사고 주요원인 조사에 의하면 주시태만 96건 28.0%, 졸음운전 51건 14.6%, 과속 47건 13.7%, 안전거리 미확보 43건 12.5%순으로 나타나고 있어 터널운전 시 위험행동으로 조사하였다. 변수의 특성은 Table 3과 같다.

Table 3. General of the sample

Variables	M±SD
Neglect	4.17±0.643
Fatigue	3.18±0.775
Lane Violation	2.26±0.959
Speeding	2.43±0.965
Unsafe Safety Distance	2.19±0.902
Visual Maladjustment	2.65±0.972

2.4 연구의 실증분석 방법

연구의 변수를 분석하기 위하여 통계 프로그램 SPSS/IBM21을 활용하여 분석하였다. 변수의 적합성을 알아보기 위하여 요인분석을 하였으며, 척도의 신뢰성 검증을 위해 Cronbach Alpha의 계수를 이용하여 항목 간 내적일관성을 확인하였다. 표본 특성은 빈도분석을 실시하였다. 다음으로 주요 변인간의 상관관계를 분석하였으며, 운전자의 오류경향성, 흥분추구성향, 법규준수의식, 터널 내 정보인지 등의 인적위험 요소와 대피행동 3단계(1단계 위험경고 신호의 인식, 2단계 대피행동에 대한 결정, 3단계 보안단계)와의 관련성을 확인하기 위해 다중회귀분석(Multiple Regression Analysis)을 실시하였다. 마지막으로 안전거리와 대피행동 단계 간의 차이 검정을 위해 Independent Sample t-test를 실시하였다.

3 실증적 분석결과

3.1 표본의 특성

본 연구에서 이용된 141명의 응답자에 대한 표본의 특성은 Table 4와 같다. 우선, 성별은 남성이 122명(86.5%)으로 여성19명(13.5%)에 비해서 많은 것으로 나타났다. 표본 특성 응답자의 연령은 30대가 59명(41.8%)으로 가장 높은 빈도를 차지하였으며, 그 다음은 40대가 44명(31.2%), 50대가 20명(14.2%), 60대 이상이 10명

(7.1%), 그리고 20대가 8명(5.7%)순으로 나타났다. 학력으로 대졸이 111명(78.7%) 다음으로 대학원 졸업 24명(17.0%), 고졸이 6명(4.3%)순으로 나타났다. 직종은 공무원이 76명(53.9%)으로 높게 나타났다. 표본 특성의 월 평균 소득은 380이상~510미만이 48명(34.0%)으로 높게 나타났으며, 510이상~830미만 37명(26.2%), 135이상~280미만 28명(19.9%), 280이상~380미만 24명(17.0%), 830만 원 이상이 4명(2.8%)순으로 나타났으며, 기혼자가 113명(80.1%)으로 미혼자 28명(19.9%)보다 높은 빈도를 보이고 있다. 운전자의 경력에 대한 응답자는 만 10년 이상~20년 미만 63명(44.7%), 운전시간으로 30분 이상~1시간 미만 71명(50.4%), 그리고 차종 또는 배기량의 소유로 준중형(1600cc~2000cc) 57명(40.4%)

과 중중형(2000cc~3000cc이상)은 57명(40.4%)으로 같은 빈도를 나타내고 있다.

3.2 인적위험 요소와 대피행동 간의 상관관계

Table 5는 인적위험 요소(법규준수의지, 터널 내 정보인지, 운전자의 오류경향성, 흥분추구성향)와 대피행동(대피행동 1단계 : 위험경고 신호의 인식, 2단계 : 대피행동에 대한 결정, 3단계 : 보안단계) 간의 상관관계는 대피행동 1~3단계 모두 강한 양의 유의한 상관관계를 보였다. 법규준수의지와 대피행동 1단계 가속화 간의 유의한 양의 상관관계($r=0.224, p=0.008$)가 있으며, 대피행동 1단계 지연과 법규준수의지는 무 상관관계로 나타났다. 다음으로 법규준수의지와 대피행동 1단계 지연 간의 상관관계($r=0.164, p=0.052$)로 대피행동 1단계 지연과 법규준수의지 간은 무 상관관계로 나타났으며, 법규준수의지와 대피행동 2단계 가속화 간은 유의한 양의 상관관계($r=0.235, p=0.005$)가 있으며, 법규준수의지와 대피행동 2단계 지연 간의 관계는 1단계와 마찬가지로 무 상관관계를 보이고 있다. 다음으로 법규준수의지와 대피행동 3단계 가속화 간의 유의한 양의 상관관계($r=0.234, p=0.005$)가 있으며, 지연 간의 관계에서도 유의한 양의($r=0.226, p=0.007$) 상관관계를 보이고 있다. 터널 내 정보인지와 대피행동 1단계 가속화 간의 상관관계는 없었으며, 대피행동 1단계 지연 간은 유의한 양의 상관관계($r=0.183, p=0.030$)가 있는 것으로 나타났다. 또한, 터널 내 정보인지와 대피행동 2단계 가속화 간은 유의한 양의 상관관계($r=0.196, p=0.020$)가 있으며, 대피행동 2단계 지연 간은 무 상관관계($r=0.132, p=0.120$)로 나타났다. 다음으로 터널 내 정보인지와 대피행동 3단계 가속화 간은 유의한 양의 상관관계($r=0.264, p=0.002$)가 있는 것으로 나타났다. 다음은 대피행동 3단계 지연 간은 상관관계($r=0.142, p=0.092$)는 없는 것으로 나타났다. 터널 내 정보인지와 법규준수의지 간의 상관관계($r=0.148, p=0.079$)는 없는 것으로 확인되었다. 다음으로 운전자의 오류경향성이 높을수록 대피행동1단계 가속화 행동은 낮아지는 음의 상관관계($r=-0.173, p=0.040$)가 있었으며, 대피행동 1단계 지연 간의 상관관계($r=-0.036, p=0.669$)는 없는 것으로 나타났다. 운전자의 오류경향성과 대피행동 2단계는 상관관계가 없는 것으로 나타났으며, 3단계 가속화는 음의 상관관계($r=-0.197, p=0.019$)가 있는 것으로 나타났다. 운전자의 오류경향성과 법규준수의지는 음의 상관관계($r=-0.357, p=0.000$)가 있었으며, 터널 내 정보와도 음의 상관관계($r=-0.255, p=0.002$)가 있음을 보였

Table 4. Characteristics of the sample

Characteristics	Categories	Frequency	Percentage (%)
Gender	Male	122	86.5
	Female	19	13.5
Age (Year)	20s	8	5.7
	30s	59	41.8
	40s	44	31.2
	50s	20	14.2
	<60s	10	7.1
Education	High School Graduate	6	4.3
	College Graduate	111	78.7
	Graduate School	24	17.0
Occupatio	General Office Worker	29	20.5
	Educator	31	22.0
	Official	76	53.9
	Other	5	3.5
Monthly income	135<~280 ≥	28	19.9
	280≥ ~380 >	24	17.0
	380<~510≥	48	34.0
	510<~830≥	37	26.2
	830<	4	2.8
Marriage Yes or No	Marriage	113	80.1
	Single	28	19.9
Driving Experience	1year>	5	3.5
	1year<~3year>	8	5.7
	3year<~5year>	10	7.1
	5year<~10year>	16	11.3
	10year<~20year>	63	44.7
	20year<	39	27.7
Driving Time	Less than 30minutes	14	9.9
	30minutes <~1hour>	71	50.4
	1hour<~3hour>	52	36.9
	3hour<~5hour>	4	2.8
Car or Displacement	Light car(1000cc)	12	8.5
	Small type(1000cc~1600cc)	15	10.6
	Semi-Solid type (1600cc~2000cc)	57	40.4
	Medium type(2000cc~3000cc)<	57	40.4
Total		141	100

Table 5. Correlation between human risk factors and evacuation behavior

Variable	1	1-1	2	2-2	3	3-3	Compliance with the Law	Tunnel Information	Error tendency
One-Step-Acceleration	1								
One-Step-Delay	0.821 [*]	1							
Two-Step-Acceleration	0.626 [*]	0.710 [*]	1						
Two-Step-Delay	0.585 [*]	0.694 [*]	0.756 [*]	1					
Three-Step-Acceleration	0.544 [*]	0.593 [*]	0.660 [*]	0.657 [*]	1				
Three-Step-Delay	0.528 [*]	0.581 [*]	0.665 [*]	0.668 [*]	0.803 [*]	1			
Compliance with the Law	0.224 [*]	0.164	0.235 [*]	0.152	0.234 [*]	0.226 [*]	1		
Tunnel Information	0.111	0.183 [*]	0.196 [*]	0.132	0.264 [*]	0.142	0.148	1	
Error Tendency	-0.173	-0.036	-0.159	-0.152	-0.197 [*]	-0.089	-0.357 ^{**}	-0.255 [*]	1
Excitement Propensity	-0.059	0.067	-0.011	0.029	-0.011	0.034	-0.249 ^{**}	-0.093	0.255 [*]

(N=141) *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

다. 마지막으로 운전자의 흥분성향과 대피행동 1, 2, 3단계 모두에서 상관관계는 보이지 않았으며, 흥분성향과 법규준수의지 간은 유의한 음의 상관관계($r=-0.249$, $p=0.003$)가 나타났다. 흥분성향과 터널 내 정보인지는 음으로 상관관계가 없고 운전자의 흥분성향과 오류경향성 간은 유의한 양의 상관관계($r=0.225$, $p=0.002$)가 있는 것으로 나타났다.

3.3 인적위험 요소와 대피행동 간의 영향관계

3.3.1 인적위험 요소와 대피행동 1단계 가속화 요인과의 영향관계

인적위험 요소가 대피행동 1단계 가속화에 미치는 영향관계를 알아보기 위해 독립변수 4의 요인과 종속변수, 대피행동 1단계 가속화 요인으로 하는 연구 모형으로 다중회귀분석(Multiple Regression Analysis)을 실시한 결과 회귀분석에서 모델의 설명력을 나타내는 R^2 값은 0.064로 나타나, 여기서의 회귀 모형은 인적위험 요소가 대피행동 1단계 가속화에 미치는 영향력에 대하여 6.4% 설명력을 Table 6과 같이 나타내고 있다. 분산 분석표에서 F값을 확인하여 회귀식이 종속변수를 설명하는 유의성 결정을 한다. 오차의 독립성을 검증한 결과 Durbin-Watson의 값이 1.881로 기본 값 2에 가까워 종속변수의 오차 항은 자기상관이 없어 서로 독립적으로 판단한다. 다음으로 독립변수 간의 다중공선성은 공차한계와 VIF(분산팽창 요인)지수를 이용하여 독립변수 간

VIF 지수는 1.074~1.242로 10 미만으로 나타나 다중공선성에 문제가 없다. 회귀계수의 유의성 검증 결과, 법규준수의지($t=2.048$, $p<0.043$)만이 대피행동 1단계 가속화에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 표준화 계수는 각 독립변인들이 종속변수인 대피행동 1단계 가속화에 미치는 상대적 영향력을 나타내며, 법규준수의지($\beta=0.185$)가 가장 크게 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 인적위험 요소 중 법규준수의지가 높을수록 대피행동 가속화가 빠르게 나타난다는 것을 의미한다.

Table 6. The Relationship between Human Risk Factors and Evacuation Behavior 1 Acceleration Factors

Objective variable	Independent variable	Non-standardization factor		Standardized Beta	t	p	VIF
		B	S.E				
Evacuation Behavior 1 Acceleration Factors	(Constant)	13.566	2.387		5.684	0.000	
	Error tendency	-0.071	0.068	-0.096	-1.037	0.302	1.242
	Excitement propensity	0.017	0.085	0.018	0.203	0.839	1.104
	Compliance with the law	0.826	0.403	0.185	2.048	0.043	1.187
	Information	0.047	0.067	0.061	0.705	0.482	1.074

$R^2=0.064$, Adj $R^2=0.036$, Durbin-Watson=1.881, $F=2.314(p<0.061)$ (N=141)

3.3.2 인적위험 요소와 대피행동 1단계 지연 요인과의 영향관계

Table 7은 인적위험 요소(운전자의 오류경향성, 흥분 추구성향, 법규준수의지, 터널 내 정보인지)가 대피행동 1단계 가속화에 미치는 영향관계를 알아보기 위해 독립 변수 4의 요인과 종속변수 대피행동 1단계 지연 요인으로 설정하여 다중회귀분석(Multiple Regression Analysis)을 실시한 결과 회귀 분석에서의 모델의 설명력을 나타내는 R²값은 0.069으로 나타나, 여기서의 회귀모형은 인적위험 요소가 대피행동 1단계 지연에 미치는 영향력에 대하여 6.9% 설명력을 나타내고 있다. F값을 확인하여 회귀식이 종속변수를 설명하는 유의성 결정을 하여 오차의 독립성을 검증한 결과 Durbin-Watson의 값이 1.855로 기본 값 2에 가까워 종속변수의 오차 항은 자기상관이 없는 것으로 나타났다. 다음으로 독립변수 간의 다중공선성은 위와 마찬가지로 문제가 없는 것으로 나타났다. 회귀 계수의 유의성 검증결과, 법규준수의지(t=2.026, p<0.045), 터널 내 정보인지(t=2.078, p<0.040)가 대피행동 1단계 지연 요인에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 표준화 계수는 각 독립변인들이 종속변수인 대피행동 1단계 가속화에 미치는 상대적 영향력을 나타내며, 법규준수의지(β=0.183)가 가장 크게 영향을 주었으며, 다음으로 터널 내 정보인지(β=0.178)순으로 인적위험 요소 중 법규준수의지와 터널 내 정보인지가 높을수록 대피행동 가속화가 증가한다는 것을 말한다.

Table 7. The Relationship between Human Risk Factors and Evacuation Behavior 1 Delay Factors

Objective variable	Independent variable	Non-standardization factor		Standardized Beta	t	p	VIF
		B	S.E				
Evacuation Behavior 1 Delay Factors	(Constant)	10.223	2.314		4.417	0.000	
	Error tendency	0.032	0.066	0.044	0.480	0.632	1.242
	Excitement propensity	0.112	0.083	0.118	1.355	0.178	1.104
	Compliance with the law	0.792	0.391	0.183	2.026	0.045	1.187
	Information	0.135	0.065	0.178	2.078	0.040	1.074

R²=0.069, Adj R²=0.041, Durbin-Watson=1.855, F=2.514(p<0.044) (N=141)

3.3.3 인적위험 요소와 대피행동 2단계 가속화 요인과의 영향관계

Table 8은 인적위험 요소(운전자의 오류경향성, 흥분 추구성향, 법규준수의지, 터널 내 정보인지)가 대피행동 2단계 가속화에 미치는 영향관계를 알아보기 위해 독립 변수 4의 요인과 종속변수 대피행동 2단계 가속화 요인으로 설정하여 다중회귀분석(Multiple Regression Analysis)을 실시한 결과 회귀분석에서의 모델의 설명력을 나타내는 R²값은 0.088로 나타나, 여기서의 회귀 모형은 인적위험 요소가 대피행동 2단계 가속화에 미치는 영향력에 대하여 8.8% 설명력을 나타내고 있다. F값을 확인하여 회귀식이 종속변수를 설명하는 유의성 결정을 하여 오차의 독립성을 검증한 결과 Durbin-Watson의 값이 1.918로 기본 값 2에 가까워 종속변수의 오차 항은 자기상관이 없는 것으로 나타났다. 다음으로 독립변수 간의 다중공선성은 위와 마찬가지로 문제가 없는 것으로 나타났다. 회귀 계수의 유의성 검증결과, 법규준수의지(t=2.324, p<0.022)가 대피행동 2단계 가속화에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 종속변수인 대피행동 2단계 가속화에 미치는 상대적 영향력을 나타내며, 법규준수의지(β=0.207)가 가장 크게 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 인적위험 요소 중 법규준수의지가 높을수록 대피행동 2단계 가속화가 빠르게 나타난다는 것을 의미한다.

Table 8. The Relationship between Human Risk Factors and Evacuation Behavior 2 Acceleration Factors

Objective variable	Independent variable	Non-standardization factor		Standardized Beta	t	p	VIF
		B	S.E				
Evacuation Behavior 2 Acceleration Factors	(Constant)	13.576	2.873		4.725	0.000	
	Error tendency	-0.057	0.082	-0.064	-0.700	0.485	1.242
	Excitement propensity	0.085	0.103	0.071	0.829	0.409	1.104
	Compliance with the law	1.128	0.485	0.207	2.324	0.022	1.187
	Information	0.148	0.081	0.155	1.827	0.070	1.074

R²=0.088, Adj R²=0.062, Durbin-Watson=1.918, F=3.300(p<0.013) (N=141)

3.3.4 인적위험 요소와 대피행동 2단계 지연 요인과의 영향관계

Table 9는 인적위험 요소(운전자의 오류경향성, 흥분추구성향, 법규준수의지, 터널 내 정보인지)와 대피행동 2단계의 지연요인에 영향관계가 미치지 않는 것을 나타내고 있다.

Table 9. The Relationship between Human Risk Factors and Evacuation Behavior 2 Delay Factors

Objective variable	Independent variable	Non-standardization factor		Standardized Beta	t	p	VIF
		B	S.E				
Evacuation Behavior 2 Delay Factors	(Constant)	13.224	2.304		5.739	0.000	
	Error tendency	-0.077	0.066	-0.109	-1.166	0.246	1.242
	Excitement propensity	0.091	0.082	0.097	1.102	0.272	1.104
	Compliance with the law	0.528	0.389	0.124	1.358	0.177	1.187
	Information	0.071	0.065	0.095	1.092	0.277	1.074

R²=0.051, Adj R²=0.023, Durbin-Watson=1.982, F=1.814(p<0.130) (N=141)

3.3.5 인적위험 요소와 대피행동 3단계 가속화 요인과의 영향관계

인적위험 요소(운전자의 오류경향성, 흥분추구성향, 법규준수의지, 터널 내 정보인지)와 대피행동 3단계 가속화 요인과의 영향관계가 회귀 계수의 유의성 검증 결과, 법규준수의지(t=2.145, p<0.034), 터널 내 정보인지(t=2.634, p<0.009)가 대피행동 3단계 가속화 요인에 유의한 영향관계를 미치는 것을 Table 10을 알 수 있다. 표준화 계수는 각 독립변인들이 종속변수인 대피행동 3단계 가속화에 미치는 상대적 영향력을 나타내며, 터널 내 정보인지($\beta=0.220$)가 가장 크게 영향을 주었으며, 다음으로 법규준수의지($\beta=0.188$)순으로 인적위험 요소 중 터널 내 정보인지와 법규준수의지가 높을수록 대피행동 3단계 가속화가 증가하는 것으로 나타났다.

Table 10. The Relationship between Human Risk Factors and Evacuation Behavior 3 Acceleration Factors

Objective variable	Independent variable	Non-standardization factor		Standardized Beta	t	p	VIF
		B	S.E				
Evacuation Behavior 3 Acceleration Factors	(Constant)	11.889	2.339		5.084	0.000	
	Error tendency	-0.070	0.067	-0.095	-1.055	0.293	1.242
	Excitement propensity	0.079	0.087	0.080	0.947	0.345	1.104
	Compliance with the law	0.847	0.395	0.188	2.145	0.034	1.187
	Information	0.173	0.066	0.220	2.634	0.009	1.074

R²=0.12, Adj R²=0.094, Durbin-Watson=1.912, F=4.630(p<0.002) (N=141)

3.3.6 인적위험 요소와 대피행동 3단계 지연 요인과의 영향관계

인적위험 요소와 대피행동 3단계 지연 요인과의 영향관계로 법규준수의지가 대피행동 3단계 지연에 유의확률 0.011로 유의수준 0.05보다 작게 나타나, 그 영향관계를 보이는 것으로 Table 11을 통해 알 수 있다.

Table 11. The Relationship between Human Risk Factors and Evacuation Behavior 3 Delay Factors

Objective variable	Independent variable	Non-standardization factor		Standardized Beta	t	p	VIF
		B	S.E				
Evacuation Behavior 3 Delay Factors	(Constant)	10.667	2.533		4.210	0.000	
	Error tendency	-0.002	.072	-0.002	-0.026	0.979	1.242
	Excitement propensity	0.108	0.090	0.104	1.193	0.235	1.104
	Compliance with the law	1.110	.4281	0.233	2.594	0.011	1.187
	Information	0.097	0.071	0.117	1.363	0.175	1.074

R²=0.073, Adj R²=0.046, Durbin-Watson=1.744, F=2.677(p<0.034) (N=141)

3.4 안전거리와 대피행동 단계별 수준차이

운전자의 안전거리와 대피행동 단계별 수준차이를 확

인하기 위해 독립표본(Independent Sample) t-test를 실시한 결과, 분산비가 F분포에 따른다는 통계의 이론을 바탕으로 분산의 동일여부를 확인하여 분산이 동일한 경우 Levene의 등분산 검정 통계량에서 등분산이 가정됨의 유의확률 p-값을 보고, 그렇지 않으면 등분산이 가정되지 않음 p-값을 해석한다.

3.4.1 안전거리와 대피행동 1단계의 수준차이

안전거리 확보와 대피행동 1단계 가속화와의 수준차이를 검증한 결과는 Table 12와 같다. 안전거리 확보의 대피행동 1단계 가속화 평균은 17.19점이고, 안전거리 미확보 평균은 16.36으로 안전거리 확보가 안전거리 미확보 보다 대피행동 1단계의 가속화 평균이 높았다. 다음으로 평균의 차이가 유의한지를 확인한 결과, t=1.669로 유의확률이 0.097로 유의수준(p>0.05)보다 크므로 통계적으로 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 다음으로 대피행동 1단계 지연에서 안전거리 확보의 평균점수 17.24, 안전거리 미확보 평균 15.62로써 안전거리 확보의 평균점수가 높았다. t=3.435이고, 유의확률이 0.001로 유의수준 0.05 보다 작아 유의미한 차이가 보였다. 즉, 안전거리 확보와 미확보에 따라 대피행동 1 가속화를 판단하는데 차이가 없는 것으로 나타났다. 반면에 대피행동 1단계 지연을 판단하는 데에는 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

Table 12. Differences in safety distance and evacuation behavior1 Independent sample t-test

Dependent Variable	Variables	M±SD	t	p
One-Step-Acceleration	Securing Safety Distance	17.19±2.49	1.669	0.097
	Unsafe Safety Distance	16.36±3.19		
One-Step-Delay	Securing Safety Distance	17.24±2.58	3.435	0.001
	Unsafe Safety Distance	15.62±2.52		

(N=141)

3.4.2 안전거리와 대피행동 2단계의 수준차이

안전거리 확보와 대피행동 2단계 가속화와의 수준차이를 검증한 결과는 Table 13과 같다. 대피행동 2단계 가속화는 F값 유의확률이 0.723으로 등분산이 가정되어 t=2.022로 유의확률이 0.045로 유의수준 0.005 보다 작

아 통계적으로 유의미한 차이가 나타났다. 대피행동 2단계 지연도 마찬가지로 F값 유의확률이 0.609로 등분산이 가정되어 t=1.973으로 유의확률이 0.050으로 나타나, 유의미한 차이를 나타냈다. 즉, 안전거리 확보와 미확보에 따라 대피행동 가속화의 지연 판단을 하는데 차이가 있는 것으로 나타났다.

Table 13. Differences in safety distance and evacuation behavior2 Independent sample t-test

Dependent Variable	Variables	M±SD	t	p
Two-Step-Acceleration	Securing Safety Distance	20.80±3.38	2.022	0.045
	Unsafe Safety Distance	19.58±3.14		
Two-Step-Delay	Securing Safety Distance	16.76±2.65	1.973	0.050
	Unsafe Safety Distance	15.82±2.47		

(N=141)

3.4.3 안전거리와 대피행동 3단계의 수준차이

안전거리 확보와 대피행동 3단계 가속화와의 수준차이를 검증한 결과는 Table 14와 같다. 대피행동 3단계 가속화는 F값 유의확률이 0.308로 등분산이 가정되어 t=1.866으로 유의확률이 0.064로 유의수준 0.005보다 크므로 통계적으로 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 대피행동 3단계 지연의 F값 유의확률이 0.928로 등분산이 가정되어 t=3.482로 유의확률이 0.001로 유의수준 0.05 보다 작아 유의미한 차이를 나타내었다. 즉, 안전거리 확보와 미확보에 따라 대피행동 3단계의 가속화 판단 시에는 유의미한 차이가 없었으나, 대피행동 지연을 판단하는 것은 차이가 있는 것으로 나타났다.

Table 14. Differences in safety distance and evacuation behavior3 Independent sample t-test

Dependent Variable	Variables	M±SD	t	p
Two-Step-Acceleration	Securing Safety Distance	18.02±2.75	1.866	0.064
	Unsafe Safety Distance	17.20±2.60		
Two-Step-Delay	Securing safety distance	18.02±2.75	3.389	0.001
	Unsafe Safety Distance	16.23±2.95		

(N=141)

4. 결론

인적위험 요소(운전자의 오류경향성, 흥분추구성향, 법규준수의지, 터널 내 정보인지)와 대피단계 1, 2, 3의 가속화와 지연으로 구분하여 영향관계를 살펴보았다. 운전자의 터널 내 안전거리 확보와 미확보로 집단을 분류하여 대피행동 1, 2, 3단계 수준차이를 확인하였다.

여기서 대피행동 1단계 가속화의 구체적 항목으로는 위험 근원으로서의 접근, 선행연구[8]의 대피행동은 화재에 근접해있는 위치와 떨어져있는 이용자와의 대피행동 방법이 다름을 연구하였다. 경고의 방식 및 강도, 제공된 정보의 신뢰성, 비상출구를 향한 능동적 행동, 위험수준 등의 요인을 활용하였으며, 대피행동 1단계 지연위험 근원으로부터의 거리, 정확한 대피지시 및 메시지 부족, 터널 내 방송 미 작동, 대피행동에 반대하는 집단행동, 비상출구의 가시성 등의 요인을 설정하여 인적위험 요소와 대피행동 간의 관계를 확인하였다.

비상출구의 가시성에 대해 선행연구[9]에 의하면 "터널 내 화재가 대피자에게 미치는 위험수위를 결정하기 위해서 터널 내에 영향을 받는 지역의 유지한계의 정량화 중요성을 말하면서 가시거리의 가장 중요한 요소라고 밝히고 있다." 그러므로 "대피자의 대피 속도가 가시거리 10m이하에서는 방해 받지 않는다는 가정 하에 가시거리가 5m이상 이지만 10m이하로 감소하게 되면 대피 속도는 원래의 속도에서 0.5m/s까지 감소한다."고 말하고 있다.

대피 속도에 영향을 미치는 요소로 작용하는 비상출구의 가시성을 위하여 화재 시 초기진압이 중요하며 정상시의 가시성은 터널 정보제공에 따른 운전자의 행동지침이 되므로 매우 중요하다. 본 연구에서 분석된 결과를 살펴보면 다음과 같다.

첫 번째, 주요 변인간의 상관관계로 대피단계 1, 2, 3 가속화와 지연의 관계는 모두 유의수준 0.01로 정적 상관관계가 있었으며, 인적위험 요소(법규 준수의지)는 대피행동 1단계 요소인 가속화와 상관관계가 있었으나, 지연 단계에서는 상관관계가 없는 것으로 나타났다. 2단계에서도 가속화 단계는 정적 상관관계가 보였으나, 지연 단계에서는 상관관계가 나타나지 않았다. 터널 내 정보인지와 대피행동 1단계의 지연과, 2단계의 가속화 그리고 3단계의 가속화에서는 상관관계가 나타났으며, 인적요소 터널 내 정보와 법규준수의지와 상관관계는 나타나지 않았다. 인적위험 요소인 오류 경향성과 대피행동 1, 3단계 가속화는 부적 상관관계를 보였으며, 법규준수의지와 터널 내 정보인지와도 부적 상관관계로 나타났다. 흥분추

구성향은 대피행동 1, 2, 3단계 모두에서 상관관계가 없는 것으로 나타났다. 법규준수의지와는 부적 상관관계를 보였으며, 오류 경향성과는 정적 상관관계를 보였다.

두 번째, 인적위험 요소와 대피행동 단계별 대영향관계로 회귀계수의 유의성 검증결과, 법규준수의지가 대피행동 1단계의 가속화 요인과 상관관계가 나타났으며, 법규준수의지 요인과 터널 내 정보인지가 대피행동 1단계의 지연요인에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 세계도로터널 협회에서 조사한 오스트리아 프로젝트 터널안전에 관한 심리연구에서 운전자의 운전행동을 발견하였고, 이 연구에서 조명의 상태에 따라 양호한 조명 또는 양호한 안내특성으로 인해 긍정적인 것으로 밝혀진 터널은 운전행동에 부정적인 영향을 미치지 않는 것으로 연구되었다. 이는 대피행동 지연요인과도 영향이 있음을 알 수 있다. 법규준수의지 변인의 구체적 요인은 사회규범 지키기, 위험상황에서 상대방에게 피해주지 않기, 터널 교통준수, 위험상황에서의 법규 위반의사, 타인이 법규를 위반하면 본인의 위반 가능여부, 사고 및 단속피하기 부분적 법규준수 행동 등의 전체 요소는 대피행동 1단계 가속화와 지연 모두에서 상관관계가 나타났다. 표준화 계수는 각 독립변인들이 종속변수인 대피 1단계 가속화에 미치는 상대적 영향력을 나타내며, 법규준수의지가 가장 크게 영향을 주었으며, 터널 내 정보인지 순으로 인적위험 요소 중 법규준수의지와 터널 내 정보인지가 높을수록 대피행동 가속화가 증가하는 것으로 해석할 수 있다. 또한, 대피행동 2단계에서도 1단계와 일치하는 결과가 나타났으며, 법규준수의지, 터널 내 정보인지요인이 대피행동 3단계의 가속화에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 가속화 표준화 계수의 상대적 순위는 터널 내 정보인지, 법규준수의지의 순으로 나타났다.

세 번째, 안전거리와 대피행동별 1, 2, 3단계의 차이 분석에서 유의한 차이가 나타났다. 대피행동 2단계 즉, 안전거리 확보와 미확보에 따라 대피행동 가속화의 지연 판단을 하는데 차이가 있는 것으로 나타났다.

5. 연구의 한계

본 연구의 표집 대상으로는 전문직이 많았다. 터널을 이용하는 빈도수가 높은 직업군에서 표본을 추출했다면 직종 간 위험요소의 비교도 가능할 것이다. 따라서 후속 연구에서는 인적위험 요인의 척도 개발을 통하여 터널 이용자의 불안 심리와 행동특성, 터널 환경과의 행동특성

등을 고려한 터널 내 위험상황 시 최적화 시스템을 위하여 인적위험 요인과의 상호작용이 적합하게 연계될 수 있도록 하는 지속적인 연구가 필요할 것이다.

이러한 지속적인 연구는 모든 유형의 터널에서의 사고 발생 시 대피자의 인명보호를 위한 피난 대피통로, 구조 방법 등 대피 환경의 확보에 대한 기준의 재검토를 위해 요구되므로, 위험상황 시 안전 확보를 위한 안전시설의 정확한 운영, 상황대처 시나리오의 완성도 높은 작성과 이에 따른 각종 안전시설의 정확하고도 정상적 기능이 발휘될 수 있도록 하기 위함이다[10].

지하터널의 경우 유사시 안전을 확보하기 위한 안전시설의 운영 등 정확한 사고대처 시나리오 작성과 이에 따른 각종 시설의 정상적인 기능이 발휘되도록 하여야한다.

References

[1] I. W. Jo, D. Y. Han, S. J. Kim, J. K. Yoon, *A Study on the Methodology modelling of Risk Assessment in Road*, Master's thesis, PhD dissertation, Tunnels Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 17, No. 4 pp. 59-73, April. 30, 2016.

[2] Robin Hall, Structural facilities related to operation and safety, World Road Association, Available From : <https://tunnels.piarc.org/ko/unyeonggwa-anjeon-yogujogeon/guiojeogin-seolbi>

[3] Ch. Y. Kim, *Fire Detection Performance Experiment of Waterproof Nozzle Position Control Type Automatic Fire Extinguishing System for Road Tunnel*, Korean Institute of Fire Science and Engineering, Vol.33, No.1, Volume 134, pp. 85-91, 2019.

[4] Robin Hall, Response to Fire, World Road Association, Available From : <https://tunnels.piarc.org/ko/unyeonggwa-anjeon-yogujogeon/hwajaee-daehan-daeung>, (accessed 2011)

[5] Park Ji Young, Tunnel·bridge traffic accident death rate, more than twice total traffic accident rate, Road Traffic Authority, Available From : http://www.koroad.or.kr/kp_web/krPrView.do?board_code=GABBS_050&board_num=133724, (accessed Dec. 06, 2017)

[6] K. B. Han, Construction Safety Professional Engineer 1, P1-834, Yeamoonsa, p428, 2016.

[7] Austrian Statistical Study of 2005 : Comparative Analysis Of Safety in Tunnels, during 1999-2003 period, World Road Association, Available From : <https://tunnels.piarc.org/sites/tunnels/files/public/wy siwyg/import/Chapters%20PIARC%20reports/2009%20R08%20Annex%208.pdf> (accessed 2005)

[8] S. B. Jeong, H. D. Choi, S. K. Moon, 3-1 User, Technology Report, Evacuation and Fire Risk Assessment Methods in Two-Way Long Tunnels, Available From : <https://tunnels.piarc.org/sites/tunnels/files/public/wy siwyg/import/Chapters%20PIARC%20reports/2008%20R17%20Chap%202.pdf>, (accessed 2008)

[9] S. B. Jeong, H. D. Choi, S. K. Moon, Evacuation and Fire Risk Assessment Methods in Two-Way Long Tunnels, Restoration Technical Bulletin, No.12, P113-133, Available From : <https://tunnels.piarc.org/sites/tunnels/files/public/wy siwyg/import/Chapters%20PIARC%20reports/2008%20R17%20Chap%203.pdf>, (accessed 2008)

[10] J. Y. Kim, K. B. Lim, Y. H. Jeon, *Study of the Effective Fire and Smoke Control in Deep Underground*, Master's thesis, Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 16, No. 1 pp. 21-26, Jan. 08, 2015.

백 충 현(Chung-Hyun Baek)

[정회원]



- 2009년 3월 ~ 2011년 8월 : 연세대학교 공학대학원 토목공학과 (공학석사)
- 2016년 1월 ~ 현재 : (주)서현기술단 (부사장)
- 2017년 3월 ~ 현재 : 경기대학교 일반대학원 도시방재학과 (박사과정)

<관심분야>
건축, 토목

박 세 만(Sea-Man Park)

[정회원]



- 2009년 3월 ~ 2011년 8월 : 연세대학교 공학대학원 토목공학과 (공학석사)
- 2017년 2월 ~ 현재 : 시스템코리아(주) (연구소장)
- 2018년 3월 ~ 현재 : 경기대학교 일반대학원 도시방재학과 (박사과정)

<관심분야>
건축, 토목

최 병 정(Byong-Jeong Choi)

[정회원]



- 1999년 1월 ~ 2000년 12월 :
(미)HARZA ENGINEERING
COMPANY (구조설계부)
- 2001년 3월 ~ 2019년 4월 : 경기
대학교 (정교수)
- 2017년 3월 ~ 2019년 2월 : 경기
대학교 창의공과대학 (학장)
- 2017년 2월 ~ 현재 : 경기대학교 (학생지원 처장)

<관심분야>

건축, 토목