

Delph-AHP기법을 이용한 이태원 압사 사고에 대한 원인 및 대처방안 조사 연구

임사량* · 임원빈** · 신상훈***

*호서대학교 수소에너지안전기술공학과 · ** (주)한국환경안전기술 · ***인하대학교 기계공학과

A Study on the Cause and Measures of Itaewon Human Stampede Accident Using Delph-AHP Survey Method

Sarang Lim* · Weon-Bin Im** · Sang-Hoon Shin***

*Department of of Hydrogen Energy Safety Technology Engineering, Hoseo University

**President in Korea Enviroment Safety Technology

***Department of Mechanical Engineering, INHA University

Abstract

Human stampedes were a major hazard that could occur during mass gatherings, but they have received limited attention in Korea. However, after the 10.29 Itaewon disaster, this atmosphere has turned around. The cause of such an accident and how to prevent it should be considered. The main aim of this study is to identify the reason why did the accident happen at that time, the root cause, and the triggering cause with Delphi-AHP survey method. In addition, various preventive measures were investigated by experts to prevent accidents similar to 10.29 Itaewon disaster. Problems and solutions were presented by collecting expert opinions on the causes and preventive measures of the 10.29 Itaewon disaster. However, the opinion of the experienced peoples who experienced the risk at the Itaewon was not included, so further investigation is considered necessary.

Keywords : Human stampede, Mass gathering, 10.29 Itaewon disaster, Delphi-AHP

1. 서론

보행은 모든 사람이 여행을 할 경우, 걷기로 시작하고 걷기로 끝나기 때문에 교통 시스템의 중요한 요소 중 하나이다. 그러나 그 중요성에도 불구하고, 많은 국가들에서 교통 시스템의 설계와 계획에서 종종 보행의 필요성을 효과적으로 고려하지 않아왔다.

Ubboveja(1994) [1]의 연구에서, 심리학적 및 다른 관련 요인으로 인하여 보행하는 군중은 교통 공학적 규칙에 따라 관리하기 어려운 예측 불가능한 방식으로 행동할 수 있다고 보고하였다. 이를 보행하는 밀집 군중이라고 지칭할 수 있다고 하였다. 다양한 상황에서 보행자가 개별적으로 그리고 집단으로 어떻게 행동하는지 이해하고 파악

하는 것은 대규모 군중이 모이는 다양한 행사가 더 안전해 지도록 도울 수 있다. 그러나 공공장소에서 정상적인 상황에서의 보행자 행동과 대규모 군중에서의 보행자 행동은 상당히 다르다. WHO(2022) [2]는 대규모 군중을 특정 목적을 위해 특정 장소에 지정된 인원 이상이 정해진 시간 동안 모이는 것으로 정의하였다.

WHO(2015) [3]는 대규모 군중이 모이는 곳에서 국소적으로 사람들이 밀집되어있는 경우, 국소적인 통행 방해 상태가 발생할 수 있다고 경고하였다. 이로 인해 대규모 군중이 모인 지역으로의 긴급 및 응급 차량의 이동에 방해를 줄 수 있다고 하였다. Johanssons 등(2012) [4]은 행사에 필요한 조직과 준비사항이 적절하게 되어 있다 하더라도 대규모의 군중이 모이는 행사는 재앙적인 사고로 이

†Corresponding Author : SangHoon Shin, Mechanical Engineering, INHA UNIVERSITY, 100, Wonmi-ro, Wonmi-gu, Bucheon-si, Gyeonggi-do, E-mail: kerrystudy@hanmail.net

Received March 14, 2024; Revision June 18, 2024; Accepted June 28, 2024

어질 수 있다고 하였다. Johansson 등(2012) [4]은 종종 이러한 재앙적인 사고들을 군중 참사라고 지칭 하였다. Stil(2023) [5]은 군중 참사에는 경기장이나 콘서트장의 기반 시설 붕괴, 화재 사고, 테러, 폭동 및 압사 사고 등이 있다고 하였다.

압사 사고(human stampede)는 부상 및 사망을 초래하는 높은 군중 밀도, 인간의 신체적 및 심리적 문제, 군중 관리 문제 등과 같은 여러 가지 이유로 인해 대규모 집단 모임에서 발생할 수 있다. Lakshmi 등(2018) [6]은 압사 사고 연구의 필요성을 언급하는 논문들이 그리 많지 않다고 하였다. Illiyas 등(2013) [7]은 압사 사고의 크기나 위험도를 구분하기 위해 사망수를 기준으로 제1종(class I)에서 제5종(class V)의 범위로 대수 눈금을 제안하였다. 이러한 고유한 분류는 어떠한 특별한 기준에 따른 것이 아니기 때문에 약간의 반대도 있을 수 있으나 지금까지 적절한 분류가 없었기에 대부분 인용하고 있다.

Lakshmi 등(2018) [8]은 지금까지 다수의 압사 사고는 종교행사에서 발생하였고 압사 사고 중 부상의 원인으로 가장 높게 나타났던 것은 과잉수용이며 사망사고의 원인으로 가장 높게 나타났던 것이 협소한 보행로로 나타난다고 하였다.

대규모 군중에서 발생할 수 있는 긴급사태는 매우 쉽게 군중 재해가 될 수 있다. 이는 대규모 군중에서의 갑작스럽고 긴급하며, 보통 예상치 못한 사건에 의해 비롯된다. 이에 대한 한국의 예로 2022년 10월 29일, 할로윈 행사 때, 이태원에서 발생한 압사 사고가 있다. Mao(2023) [8]는 2023년 1월 3일 기준으로 159명이 사망하고 196명이 부상을 입었다고 보고하였다. Brynielsson 등(2014) [9], Zhou 등(2018) [10], Pretorius 등(2015) [11]이 주장한 대부분의 다른 압사 사고와 마찬가지로, 이 비극의 주요 이유 중 하나는 경찰 및 지자체 공무원들이 참가자의 수와 밀도를 잘못 추정했고, 군중의 기분과 같은 심리적 요인의 영향이 적절하게 고려되지 않았으며 행사 주체가 없는 축제라고 경찰 인력 배치를 등한 시 하였고 때문으로 보여진다. Almeida(2018) [12]에 따르면, 대규모 군중 행사의 안전은 군중 관리에 크게 의존하는데, 이는 보행자의 흐름 통제와 심리적 모니터링을 동시에 고려해야 하기 때문에 매우 어려운 문제라고 하였다. Cheng 등(2020) [13]은 압사 사고가 대규모 군중에 의한 사고 중 사망률의 주요 원인으로, 아직도 완전하게 조사되지 못한 복잡한 현상이며, 예방 전략 또한 여전히 불충분하다고 하였다.

일반적으로 “stampede”라는 용어는 대규모 집단의 동물들이 흥분하거나 놀라서 갑자기 동일한 방향으로 달리기 시작하는 상황을 표현하는 용어이다. 이러한 용어를 사람에게 적용하여 “human stampede”라고 사용하였다. 그래서 많

은 저자들이 사람의 상황에 적합하게 수정하여 “human stampede”를 몇 가지 형태로 정의하였다. 그러나 Almeida(2018) [12]에 나타난 것처럼 그들 사이에 일부는 상충되는 의미를 갖는 경우도 있었다. Ma 등[15]은 ‘집단밀집 떼밀림 사고’, ‘군중 지진’뿐만 아니라 ‘군중 참사’, ‘밟기’, ‘분쇄’ 등의 표현이 동일한 의미로 사용되는 경우가 많다고 하였다. 또한 Illiyas 등(2013) [7]은 stampede가 갖고 있는 의미인 다수가 한 방향으로의 갑작스럽게 움직인다는 의미에 더해 압사 사고라는 결과까지 포함하여 사용하는 경우도 많이 존재하였다고 하였다. Helbing 등(2012) [14]은 stampede가 군중 재해에서 선행이 되고, ‘분쇄(crushing)’라는 용어는 병목지역으로 밀어붙이는 군중에 의해 발생되며, ‘밟기(trampling)’는 사람들이 다른 사람들 위를 밟고 지나가는 것을 의미한다고 제안하는 3가지 일련의 연속된 재해로 해석하였다. Illiyas et. al.(2013) [7]은 보고된 사망자수에 기초한 stampede 규모 분류를 Table 1과 같이 제안하였다. 반면 Madzimbamuto(2003) [15]는 규모를 분류할 경우, 부상자의 수 또는 사망률과 부상율을 고려해야 한다고 주장하였다.

<Table 1> Stampede classification according to Illiyas et. al.(2013) [7]

Class I	Mild	Injuries, 0 deaths
Class II	Moderate	1 to 10 deaths
Class III	Severe	11 to 100 deaths
Class IV	Devastating	101 to 1,000 deaths
Class V	Catastrophic	More than 1,000 deaths

Kasthala 등(2015) [16]은 stampede를 복잡한 연쇄 반응을 일으키는 일련의 사건으로 묘사하였다. Prasad 등(2015) [17]과 Ngo 등(2015) [18]은 압사 사고의 일반적인 촉발 원인으로 테러나 화재와 같은 위험에 대한 거짓 소문, 갑작스러운 빙음, 무료 티켓의 배포 또는 갑작스런 기차역의 승강장 변경과 같은 공지 등이 있다고 하였다. 보행자의 과밀화는 압사 사고 발생의 주요 요인이다. Pin 등(2011) [19]에 따르면, 국소적인 군중의 밀도가 절대적인 참석자 수보다 더 많이 사고 결과에 영향을 미치는 것으로 나타났다. Gong 등(2016) [20]은 대규모 군중집회의 전체 인구밀도가 낮더라도, 군중들이 행사장 전체에 고르게 분포되지 않을 수 있어 특정 위치의 국소 인구밀도는 매우 높을 수 있다고 하였다. 또한 Johansson 등(2008) [21]은 인구통계학적 특징과 문화에 따라 행사장의 용량과 군중 밀도가 달라질 수 있어 적절한 행사장 용량 및 군중 밀도는 각각의 행사에 따라 달라질 수 있다고 하였다.

Hsu 등(2012) [22]은 압사 사고의 근본원인으로 입구

또는 출구의 폐쇄, 병목 지점의 혼잡, 안전 장벽의 부족, 중앙정부와 지자체 사이의 조정 부족이라고 하였다. Nielsen(2015) [23]은 초기 압사 사고 연구에서는 압사 사고가 공황으로 인한 비합리적인 군중 행동의 결과로 묘사되었다고 하였으며 더 최근의 연구에서는 이 행동에 대해 “비이성적”이고 “위험한” 것으로 묘사하는 것에 반론을 제기하고 있음을 보고하였다. 또한 26]상이한 압사 사고를 당한 희생자들에 대한 질적 연구[26]에서는 위험한 시점에 군중들이 실제로 협력적이고 이성적으로 행동했음을 보여주었다. 또한 Drury 등(2015) [24]은 위험을 인지함에도 불구하고, 군중은 안전함을 느낄 수 있고, 자기 조직화와 심리적 일치를 통해 압사 사고의 위험을 감소시킬 수 있다고 하였다. 반면 Nielsen(2015) [23]의 연구에서 추구팬과 같은 특정 유형의 군중은 폭력, 음주 및 약물 섭취와 관련된 경우가 많았고, 이러한 행동은 압사 사고가 발생할 경우, 본질적으로 비난을 받았다고 하였다. 그러나 이것은 힐스버러 스타디움의 군중에 대한 사후 혈액 검사에서 약물과 알코올의 사용이 증가하였다는 결과가 나타나지 않았다는 Phil의 연구(2013) [25]를 통해 반론이 제기되었다.

다양한 문헌들에서 서로 다른 임계치 군중밀도가 언급되었다. Johansson 등(2008) [21]은 2006년 미나(메카, 사우디아라비아)에서 발생한 압사 사고의 비디오 분석을 통해 사고 당시 군중밀도가 10명/m²이었음을 보여주었다. Kolli(2014) [26]는 5.26명/m² 이상의 군중 밀도에서 조차도 개인이 자력으로 멈출 수 없다는 것을 확인하고 압사 사고가 이 정도의 군중 밀도에서 조차 일어날 수 있다고 하였다. Ibrahim 등(2016) [27]은 군중을 특징짓는 지표로 1명/m²의 밀도를 “느슨한 군중”, 2명/m²의 밀도를 “밀도 있는 군중”, 그리고 4명/m²의 밀도를 “매우 밀도 있는 군중”으로 구분하였다. Johansson 등(2008) [21]과 Ibrahim 등(2016) [27]은 밀도와 밀도 변동량 사이의 산물인 군중 압력이 질식에 의한 사망사고를 예방할 수 있는 더 나은 정보를 준다고 주장했다.

Pretorius 등(2015) [11]은 압사 사고를 발생시키는 메커니즘의 일반적인 형태를 다음과 같이 설명하였다. 정상적인 상황에서는 사람들이 자유롭게 움직이거나 층류(laminar)를 이루며 움직인다. 보행자 밀도가 높아지면, 흐름은 “stop-and-go wave”로 바뀐다. 이것으로 인해 군중이 움직임의 통제를 상실할 수 있고 개인들은 무작위로 밀려날 수 있다. 이를 군중 난류라고 하였다. 한 사람이 균형을 잃고 비틀거리거나 혹은 밀려 내려오면, 그들 주변의 사람들은 갑작스러운 힘 불균형으로 인해 넘어진다. 이러한 넘어짐을 회피하려고 할 때, 넘어진 다른 사람 위에서 있거나 짓밟는 것이 발생할 수 있다. 군중의 바닥에 있던 사람들은 결국 외상성 질식으로 사망한다. 또한 Ngai

등(2009) [28]은 압사 사고가 단방향성 또는 난류성 흐름(다른 방향으로의 무작위 움직임)에서 발생했다고 보고하였다. 단방향성 흐름은 보통 정제된 병목현상이나 출구, 혹은 보안 장벽의 붕괴와 같은 힘의 급격한 증가나 감소에 의해 발생한다.

다양한 연구들에서 이태원 참사와 동일한 압사사고에 대한 이론적 연구와 사고사례 조사를 통한 다양한 원인 및 해결책을 제시하고 있으나 국내에서는 이에 대한 연구가 미흡한 것으로 판단된다. 따라서 본 연구는 대규모 군중이 모이는 경우 발생할 수 있는 압사 사고를 예방하기 위해 기존에 발생한 이태원 참사를 대상으로 사고의 원인, 책임소재 및 기술적, 관리적, 교육적 예방대책 선정을 객관화하고 정량화할 수 있는 평가지표를 만드는 데 있다. 이를 토대로 지하철과 같이 대규모 군중이 함께 이동하는 장소에서 발생할 수 있는 압사 사고를 예방하기 위한 기술적, 관리적 및 교육적 대책의 중요도와 우선순위를 도출함으로써 향후, 대규모 행사를 준비하는 단계에서 해당시설 및 관련행사 준비 인력에 대한 준비상태의 평가지표 및 위험지수 개발에 필요한 기초자료로 제시하고자 한다.

2. 연구방법

본 연구를 위해 Delphi-AHP 기법을 사용하였으며, Anderson(1997) [29]가 제시한 패널수에 적합하게 전문가를 선정하였다. 또한 사고 발생 세대의 압사 사고에 대한 인식이 어떠한지를 확인하기 위해 10~20대 10명에게 대해 별도로 동일한 설문을 실시하였다.

따라서 본 연구를 위해 소방관, 안전 전문가, 안전 관련 정부 전문가 및 일반 학생 등을 대상으로 Delphi기법으로 1차 개방형 설문조사와 2차 폐쇄형 설문조사 및 계층 분석적 의사결정방법(AHP)으로 설문조사를 하여 기초 데이터를 확보하였고 이를 토대로 압사 사고를 예방하기 위한 기술적, 관리적 및 교육적 대책의 중요도와 우선순위를 도출하였다.

2.1 Delphi 1차 개방형 조사 방법

Delphi기법은 특정 분야의 전문가 집단을 대상으로 명확하게 정의되지 않은 문제의 해결책을 체계적으로 도출하고 수렴하기 위하여 개발된 기법이다. Anderson(1997) [29]에 의하면 15명 내외의 소규모 전문가의 표본으로도 충분히 유용한 결과를 얻을 수 있음을 확인하였다. 본 연구에서는 압사 사고와 관련하여 안전분야, 소방분야 및 정부부처,

연구기관의 전문가 17명을 대상으로 하였고, 익명성을 보장하여 전문가들 간의 대등한 입장에서 의견을 제시하도록 하였다. 조사 기간은 2023년 2월부터 10월까지 진행하였다. 본 연구에 참여한 전문가의 자격 및 경력 특성은 Table 2와 같다.

Delphi 1차 조사는 개방형 질문을 통하여 최대한 많은 의견을 수집하였다. 10개의 문항에 대하여 유사한 개념과 중복 답변을 합친 후 각 문항은 상위 5개 답변을 채택하여 50개의 요소로 정리하였다. 먼저, 이태원 사고 관련 정보의 획득에 이용된 매체에 대해 조사하였다. 이는 Duan 등 (2020) [30]의 연구에 따라 정보획득 매체를 파악하여 차후 각 매체에 언급되는 장소, 행사 등의 빈도를 미리 파악하여 압사 사고 예방에 이용할 방법을 찾고자 하는 것이다. b-g번 항목은 압사 사고 발생원인, 책임소재, 재해로부터 얻은 교훈 등을 조사하였으며 h-j번 항목은 동일한 사고를 예방하기 위한 교육적, 기술적, 관리적 방법을 조사하였다.

<Table 2> Current Status of Experts Participating in the Survey

Classification	Sub-classification	No of participants	
Occupation	Government	9	17
	Safety Professional	7	
	firefighter	1	
Related experience	More than 15 years	15	17
	10~15 years	2	

2.2 Delphi 2차 폐쇄형 조사 방법

Delphi 2차 폐쇄형 조사는 1차 개방형 조사로 수집한 전문가들의 의견을 설문 참여자들에게 제시하고 폐쇄형 질문을 통하여 각 요소의 중요도를 재평가하였다. 이는 반복적인 설문을 통하여 전문가 집단으로부터 합의된 의견을 도출하기 위함이다. 중요도는 과급력, 긴급성을 고려하여 동일한 응답자 17명을 대상으로 평가하였다. 또한, 1차 조사 결과로 도출된 중간결과를 제시하여 다른 전문가들의 의견을 참고하여 본인의 의견을 다시 수정할 수 있도록 하였다. 그 결과 각 문항 중 답변이 3~4개로 감소된 문항은 9개이고, 단지 1개 문항만 5개의 답변을 그대로 유지하였다.

2.3 AHP 조사 방법

Delphi 2차 조사에 참여한 전문가 17명을 대상으로 AHP 기법을 활용하여 데이터의 일관성을 검증하였다.

AHP 기법은 가중치를 활용한 선호도의 값을 수학적으로 나타낼 뿐만 아니라, 응답 성실 지수도 나타내 신뢰성을 확보할 수 있다. AHP 설문은 Delphi에서 얻은 결과 중 원인과 재해를 예방하기 위한 수단을 찾기 위한 부분인 설문 b, c, d, h, i, j번을 사용하였다. 재해의 원인, 책임 등은 설문을 통하여 전문가의 의견을 파악할 수 있으나 정확한 원인을 찾기 힘들고 결과에 대해서도 논란이 존재할 수 있기 때문에 연구결과의 활용도 측면에서 좀 더 가치 있는 대책방안을 중심으로 AHP 설문을 수행하였다.

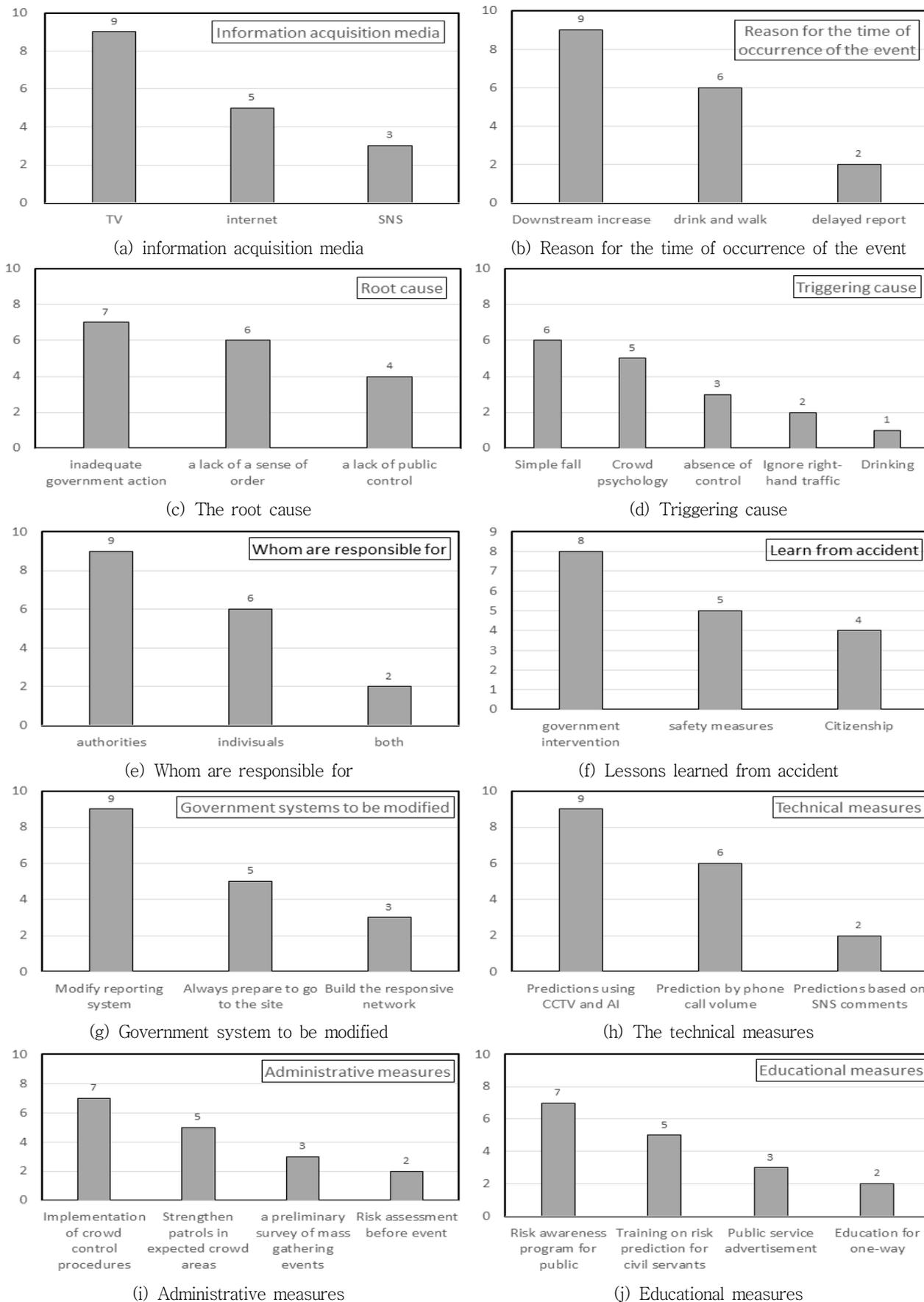
일관성 지수(Consistency Index: CI)는 설문 응답자가 어느 정도의 일관성을 가지고 설문에 답변하였는지를 나타내는 지표다. 일관성 지수는 난수 지수(Random Index: RI)로 나누어 산출한다. 일관성 지수는 $[(\lambda_{max} - n)/(n - 1)]$ 로 측정하며 난수 지수는 1~9까지의 수치를 임의로 설정하여 역수행렬을 구하고 이 행렬의 평균 일관성 지수를 산출한 값으로 일관성의 허용 한도를 나타낸다. 참여자 응답이 논리적인 모순을 유발하게 되면 CI 값은 증가하게 된다. Satty(2011) [31]의 연구에 따라 CI 값이 0이면 완전한 일관성을 가지는 경우이고, 0.1(10%) 이하이면 일관성이 있다고 평가 하였다. 본 연구에서도 0.1 이하를 일관성이 있는 것으로 사용하였다.

3. 연구결과 및 토론

3.1 델파이(Delphi) 조사결과

Fig 1은 1차 델파이 설문을 통해 얻은 우선순위가 높은 5가지를 다시 2차 폐쇄형 설문지로 설문한 결과를 나타내는 그림이다. 1차에서 얻어진 결과들 중 일부는 2차에서 의견들이 합쳐져서 각 문항은 3~5개의 선정 문항이 줄어들었다.

(a)는 사고정보를 획득한 매체를 보여주는 그림으로 TV가 9명(52.9%)이고 인터넷 5명(29.4%)과 SNS 3명(17.7%) 순으로 나타났다. 기존 연구(1997) [29]에서는 SNS를 통한 방법이 중간에 거치는 것이 없거나 지연 없이 정보를 획득하는 편리한 수단이라고 하였다. 그래서 이를 활용하여 대중들이 어떠한 장소에 모일 것인지 예측하는 연구를 하였다. 그러나 본 연구에서는 정보를 얻는 수단으로 TV가 가장 높게 나타나 기존 연구 결과와 상이하게 나타났다. 이는 설문 대상자가 중장년층인 전문들이고 할로윈 축제는 젊은이들이 주로 참여하기 때문(2023) [8]에 나타난 것으로 판단된다. 그러므로 이태원 참사에 대한 연구를 좀 더 조사하기 위해서는 동일한 설문을 젊은이들에게 수행할 필요가 있다.



[Figure 1] Survey results obtained by first and second Delphi survey technique

(b)는 왜 저녁 10시 이후에 사고가 발생한 것인지에 대한 원인을 찾기 위해 한 설문이다. 압사 위험 신고가 저녁 6시부터 지속적으로 보고되었음에도 10시 이후에 압사 사고가 발생한 것에 대한 가능한 원인을 찾고자 하였다. 설문결과, 하향 방향으로 통행량 증가가 9명(52.9%), 음주 보행이 6명(35.3%), 신고지연이 2명(11.8%)으로 나타났다. 신고지연은 신고가 이미 저녁 6시 이후부터 지속적으로 이루어졌기 때문에 원인으로 보기 힘들다. 또한 음주 보행에 대한 문제도 기존 연구(2013) [25]에서 다른 사례의 원인으로 지목되었다가 이후 추가적인 혈액 검사 등을 통해 반론이 제기되었기에 직접적 원인으로 판단하기 어렵다. 따라서 본 연구에서는 하향 방향으로 통행량이 저녁 10시 이후 증가하여 상향 방향의 힘과 균형이 무너져 발생한 것으로 잠정적으로 결론을 내려 이에 대한 추가적인 연구가 필요하다고 판단한다.

(c)는 사고가 발생한 근본원인에 대한 설문 결과이다. 정부의 부실대처가 7명(41.2%), 질서의식 부재가 6명(35.3%), 대중 통제의 부재가 4명(23.5%) 순으로 나타났다. 이러한 결과는 사고의 근본원인이 국가에만 있지 않고 개인에게도 있다고 생각하는 경우가 있음을 보여준다. 이러한 결과로부터 재해를 예방하기 위해서는 국가의 시스템을 개선하는 것은 물론 개인들의 압사 사고에 대한 교육이 필요하다고 판단할 수 있다. 그럼에도 불구하고 정부의 대처부실과 대중 통제의 부재는 국가에서 행하여야 할 일을 적절하게 하지 않아 발생한 것으로 보고 있어 정부에서 시스템을 개선하고 위험을 예방하기 위한 대책을 적절하게 세워야 할 것으로 판단된다.

(d)는 사고를 촉발시킨 원인에 대한 설문 결과이다. 단순 넘어짐 6명(35.3%), 군중심리 5명(29.4%), 통제 부재 3명(17.6%), 우측통행 무시 2명(11.8%), 음주 1명(5.9%) 순으로 나타났다. 이러한 결과는 기존 언론에 언급된 것과 같은 음주가 촉발원인이 아니라고 생각하는 사람이 많음을 보여준다. 이는 기존 연구(2013) [25]에서도 유사하게 나타난 압사 사고의 원인이 음주가 아닐 수 있음을 보여준다. 이는 전문가들이 사고의 촉발원인을 단순 넘어짐, 군중심리, 통제 부재 등과 같이 공권력이 개입될 경우 해결될 수 있는 것으로 판단하고 있음을 보여주었다.

(e)는 사고 발생 책임소재에 대한 설문 결과이다. 정부 9명(52.9%), 개인 6명(35.3%), 양쪽 모두 2명(11.8%) 순으로 나타났다. 이는 사고 발생에 대한 책임이 정부가 조금 더 있다고 생각하는 것으로 보이거나 양쪽 모두를 선택한 경우를 고려하면 결국 정부 및 개인 모두에게 책임이 있다고 생각하는 것으로 나타났다. 그러므로 이러한 재해는 정부의 사전준비 및 인원 통제뿐만 아니라 개인도 위험에 대해 민감하게 생각하고 행동해야 한다고 생각하고 있음을 보여준 결과이다.

(f)는 이태원 압사 사고로부터 배워야 할 교훈에 대한 설문 결과이다. 대규모 인원들이 모이는 행사에 대한 정부의 개입 필요성 8명(47.1%), 안전조치 5명(29.4%), 시민의식 4명(23.5%) 순으로 나타났다. 이는 앞으로 대규모 행사가 있는 경우, 신고 유무와 관계없이 정부에서 개입하여 통행을 통제하고 질서를 유지하며 안전조치 시행해야 한다는 것이다. 또한 개인의 시민의식도 좀 더 개선되어야 앞으로 이와 유사한 사고가 발생하지 않을 것으로 생각하고 있음을 보여준다.

(g)는 앞으로 관련 공무원들이 개선해야 할 것에 대한 설문 결과이다. 보고체계 정비 9명(52.9%), 상시 현장 출동 준비 5명(29.4%), 대응형 네트워크 구축 3명(17.7%) 순으로 나타났다. 이는 이태원 압사 사고가 보고체계의 혼란으로 정부기능이 적절하게 작동하지 않아 발생한 것으로 생각하기 때문으로 보인다. 그리고 상시 현장 출동 준비는 이태원 압사 사고 시 긴급구조차량이 제시간에 현장에 도착하지 못했다고 생각하고 있기 때문으로 판단된다.

(h)는 압사 사고를 예방하기 위한 기술적 대처방안에 대한 설문 결과이다. CCTV와 인공지능을 이용한 군중밀집 예측 9명(52.9%), 스마트폰 통화량을 이용한 군중밀집 예측 6명(35.3%), SNS 언급량을 통한 군중밀집 예측 2명(11.8%) 순으로 나타났다. 기존 보고서(2009) [32]에 의하면 군중밀집 예측을 하기 위한

기술들은 이미 어느 정도 상업화된 것으로 보인다. 다만, 개인정보 보호와 관련된 국내 법적, 제도적 정비 없이 바로 사용할 수 없는 것으로 보인다. 따라서 정부에서는 이와 같은 기술이 재난안전에 적용될 수 있도록 법적 및 제도적 정비가 필요할 것으로 보인다.

(i)는 압사 사고를 예방하기 위한 관리적 대처방안에 대한 설문 결과이다. 대규모 군중의 통제절차 마련 7명(41.2%), 대규모 군중이 모일 것으로 예측되는 장소의 순찰강화 5명(29.4%), 대규모 군중이 모일 것으로 예상되는 행사의 선행조사 3명(17.7%), 행사 전 위험성평가 실시 2명(11.7%) 순으로 나타났다. 국내에서는 이태원 압사 사고와 같은 대규모 군중에 의한 사고가 거의 없었기 때문에 지금까지 대규모 군중을 통제할 수 있는 절차가 미흡했던 것으로 보인다. 특히 이태원 행사는 사전에 신고되거나 행사주체가 존재하지 않기 때문에 기존 법률의 사각지대에 있었다. 그러므로 설문에서 나타난 것과 같이 당장 기술적인 해결책을 적용할 수 없다면 관리적 측면에서 제시된 상기와 같은 방법과 기존 보고서(2009) [32]내용을 우선 시행할 필요가 있다.

(j)는 압사 사고를 예방하기 위한 교육적 대처방안에 대한 설문 결과이다. 대중들을 위한 위험인지 프로그램제작 7명(41.2%), 공무원들을 위한 위험예지 훈련 제작 5명(29.4%), 공익광고 제작 3명(17.7%), 일방통행 교육 실

시 2명(11.7%)순으로 나타났다. 전문가들은 대중과 공무원들이 압사 사고에 대한 인지 및 예지 훈련이 되어 있어야 앞으로 유사한 사고를 예방할 수 있을 것으로 생각하고 있다. 이는 기존 보고서(2009) [32]에서 제시한 교육방법과 매우 유사한 결과 이다.

3.2 AHP 조사결과

본 연구에서 행렬계산 및 일관성 지수 계산은 엑셀을 이용 계산하였고, 일관성 비율(CR)이 전체 응답자 중 0.1을 넘지 않는 88.23%(15명)의 답변만 결과로 채택하였다. 그 결과, AHP 쌍대비교 일관성 비율은 3.7%로써 CR ≤ 0.1 (10%) 보다 낮으므로 답변의 일관성이 있다고 판단되고, 각 측정지표의 일관성 비율은 2.3~5.9%였다. 일관성 비율 분석결과는 Table 3과 같다.

<Table 3> Consistency Analysis Result

No. Question-naire	Domains of measurement	CR ≤ 0.1 (10%)
2	The reason why did the accident happen at that time	2.9%
3	The root cause of human stampede	2.3%
4	The triggering cause of human stampede	5.9%
8	The technical measures of human stampede	3.7%
9	The administrative measures of human stampede	3.5%
10	The educational measures of human stampede	3.9%

Table 4는 본 연구에서 Delphi 1, 2차 설문을 통해 얻은 문항 10개 중 압사 사고의 원인과 관련된 b, c, d 문항에 대해 중요도와 우선순위를 AHP로 분석한 결과이다. 압사 사고 원인과 관련된 3개의 평가항목 중 근본원인이 0.423으로 가장 높았고 촉발원인이 0.376으로 두 번째로 나타났으며 사고 발생 시간이 0.202로 가장 낮았다. 이는 전문가들이 압사 사고의 원인에 사고의 발생 시간이 그렇게 중요하지 않은 것으로 평가한 것이다. 즉, 유사한 사고를 예방하기 위해서는 근본원인과 촉발원인에 초점을 맞추어 개선대책을 수립해야 한다는 것이다. 세부 분석 결과, 정부의 부실대책 0.175로 가장 높게 나타났고 신고지연이 0.021로 가장 낮게 나타났다. 이는 압사 사고의 전체적 원인이 정부의 부실대책에 의한 것으로 많은 전문가들이 생각하고 있다는 것이다. 왜냐하면 이전 동일한 행사에

경찰 및 구청직원들이 현장에 나와 군중분산 조치를 시행한 것을 확인하였기 때문으로 판단된다.

Table 5는 본 연구에서 Delphi 1, 2차 설문을 통해 얻은 문항 10개 중 압사 사고 예방과 관련된 h, i, j 문항에 대해 중요도와 우선순위를 AHP로 분석한 결과이다. 압사 사고 예방 대책과 관련된 3개의 평가항목 중 교육적 대책이 0.437로 가장 높았고 관리적 대책이 0.325로 두 번째로 나타났고 기술적 대책이 0.238로 가장 낮았다. 이는 전문가들이 압사 사고 예방대책으로 장기적이고 실질적인 수단이 교육을 통한 위험성의 인지인 것으로 생각한다는 것이다. 국내의 경우, 이태원 압사 사고와 같은 재난이 거의 발생한 일이 없어 대중들은 이에 대한 우려 또는 위험성을 잘 인지하지 못한 것 같다. 따라서 전문가들의 의견에 따라 대중 및 공무원을 대상으로 대규모 군중이 모임 경우 발생할 수 있는 위험성을 교육하는 것이 이러한 재난을 예방하는 우선 순위일 것으로 판단된다. 또한 관리적 대책 중 군중통제 법제화에 주취측이 없는 행사에 대해 정부가 적극적으로 개입할 수 있도록 내용을 포함시켜야 한다. 이는 이태원 압사 사고에서 드러났듯이 주취측이 없다는 이유로 대규모 군중 모임에도 불구하고 경찰이나 관공서에서 보행자의 통행을 통제하지 않았기 때문이다.

4. 결론

이태원 압사 사고와 관련하여 사고의 원인과 동일사고 예방을 위한 예방조치에 대해 17명의 전문가들에게 Delphi-AHP기법을 이용하여 설문조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

압사 사고가 위험에 대한 신고가 저녁 6시 이후 지속되었으나 실제 사고가 발생한 시점이 저녁 10시 이후인 이유에 대한 전문가의 의견은 당시 하행방향 군중의 통행량이 급격히 증가하였기 때문으로 평가하였다.

압사 사고의 근본 원인으로 전문가들은 정부의 부실대책과 질서의식 부재를 꼽았다. 이는 이태원 압사 사고의 근본 원인이 정부와 대중에게 둘 다 있다고 평가한 것이다.

전문가들은 압사 사고를 발생시킨 촉발 원인으로 단순 넘어짐을 지적하였다. 이는 이태원 사고 조사 결과에서 들 어났듯 경사도가 끝나고 평지가 시작되는 지점에 수 많은 사상자가 발생한 것이 이를 증명하고 있다.

대규모 군중 행사에서 발생할 수 있는 압사사고를 예방하기 위해 정부는 새로운 기술을 압사사고 예방에 적용할 수 있도록 관련 법적 및 제도적 정비가 시급하다.

또한 일반 대중들에게는 압사사고의 심각성을 알리고 경각심을 심어주기 위해 대중 및 공무원을 대상으로 교육

<Table 4> Result of AHP Analysis on Importance and Priority of Integrated Measurement Indicator for reasons(causes)
[No of questionnaires : b, c, d]

Domain of measurement			Measurement indicators			Integrated measurement and indicators	
Element of assessment	Importance	Priority	Element of assessment	Importance	Priority	Integrated importance	Integrated importance and priority
Accident time	0.202	3	Downstream increase	0.657	1	0.133	3
			drink and walk	0.241	2	0.049	8
			delayed report	0.102	3	0.021	11
root cause	0.423	1	inadequate government action	0.413	1	0.175	1
			lack of public order	0.363	2	0.154	2
			lack of public control	0.224	3	0.095	6
triggering cause	0.376	2	simple fall	0.352	1	0.132	4
			crowd psychology	0.292	2	0.110	5
			absence of control	0.163	3	0.061	7
			ignore right hand traffic	0.115	4	0.043	9
			drinking	0.078	5	0.029	10

<Table 5> Result of AHP Analysis on Importance and Priority of Integrated Measurement Indicator for measures
[No of questionnaires : h, i, j]

Domain of measurement			Measurement indicators			Integrated measurement and indicators	
Element of assessment	Importance	Priority	Element of assessment	Importance	Priority	Integrated importance	Integrated importance and priority
Technical measures	0.238	3	prediction with CCTV and AI	0.387	1	0.092	6
			prediction by phone call volume	0.335	2	0.080	7
			prediction base on SNS comments	0.278	3	0.066	8
Administrative measures	0.325	2	implementation of crowd control procedures	0.326	1	0.106	4
			strengthen patrols in expected crowd areas	0.172	4	0.056	11
			preliminary survey of mass gathering events	0.194	3	0.063	9
			risk assessment before event	0.308	2	0.100	5
Educational measures	0.437	1	Risk awareness program for public	0.282	2	0.123	2
			training on risk prediction for civil servants	0.304	1	0.133	1
			Public service advertisement	0.274	3	0.120	3
			Education for one-way	0.140	4	0.061	10

하는 것이 이러한 재난을 예방하는 것이 필요하다.

이와 같이 이태원 압사 사고의 원인과 예방대책에 대한 전문가의 의견을 수렴하여 문제점과 해결방안을 제시하였다. 다만, 현장에서 위험을 겪은 당사자의 의견이 포함되지 않아 이에 대한 추가적인 조사가 필요할 것으로 생각된다.

5. References

- [1] V. S. Ubboveja(1994), "Integrated Modelling for Traffic Management for Super High Density Pedestrian Traffic Catchment Areas." Unpublished Thesis, Devi Ahilya University, Indore, India.
- [2] M. D. Barbeschi, L. Heymann(2022), *Communicable Disease Alert and Response for Mass Gatherings*, Geneva, Switzerland: WHO Press.
- [3] T. Endericks, et al. (2015), *Public Health for Mass Gatherings : Key Considerations*, Switzerland: WHO Press.
- [4] A. Johanssons, M. Batty, K. Hayashi, O. Al Bar, D. Marcozzi, Z. A. Memish(2012), "Crowd and environmental management during mass gathering." *Lancet Infect Dis*, 12(2):150-156.
- [5] G. K. Still(2023), "Crowd safety and Crowd risk analysis." <https://www.gkstill.com/ExpertWitness/CrowdRisks.html>,
- [6] D. V. Lakshmi, K. Laxmikant, K. R. Rao(2018), "Human stampedes at mass gatherings: An overview." *Proce. from the 9th International Conference on Pedestrian and Evacuation Dynamics (PED2018) Lund, Sweden*, 502-504.
- [7] F. T. Illiyas, S. K. Mani, A. P. Pradeepkumar, K. Mohan(2013), "Human stampedes during religious festivals: A comparative review of mass gathering emergencies in India." *Int. Jour. Dis. Risk. Red.*, 5:10-18.
- [8] J. Mao(2023), "A Study on Emergency Management Policy Triggered by The Crowd Crush in Itaewon, South Korea." *J. Edu. Human. Soci. Sci.*, 15:97-103.
- [9] J. Brynielsson, F. Johansson, C. Jonsson, A. Westling(2014), "Emotion classification of social media posts for estimating people' s reactions to communicated alert messages during crises." *Secur. Inform.*, 3(7):1-11.
- [10] J. Zhou, H. Pei, H. Wu(2018), "Early warning of human crowds based on query data from Baidu maps: Analysis based on Shanghai stampede." In *Big Data Support of Urban Planning and Management*, Switzerland: Springer:19-41.
- [11] M. Pretorius, S. Gwynne, E. R. Galea(2015), "Large crowd modelling: An analysis of the Duisburg Love Parade disaster." *Fire Mater.* 39:301-322.
- [12] M. M. De Almeida, J. Von Schreeb(2018), "Human stampedes: An updated review of current literature." *Prehosp. Disaster Med.* 34:82-88.
- [13] Z. Cheng, J. Lu, Y. Zhao(2020), "Pedestrian evacuation risk assessment of subway station under large-scale sport activity." *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 17:3844-3889.
- [14] D. Helbing, P. Mukerji(2012), "Crowd disasters as systemic failures: analysis of the Love Parade disaster." *EPJ Data Science*, 1(7):1-40.
- [15] F. D. Madzimbamuto(2003), "A hospital response to a soccer stadium stampede in Zimbabwe." *Emerg Med J.*, 20(6):556-559.
- [16] S. Kasthala, H. S. Lakra(2015), "Disaster Preparedness for Mass Religious Gatherings in India-Learning from Case Studies." *Vishakapatnam: Second World Congress on Disaster Management*.
- [17] A. Prasun, P. Dixit(2015), "Stampede Management for Religious Events in India." *Thailand: International Conference on Disaster Management in Civil Engineering*.
- [18] M. Q. Ngo, P. D. Haghghi, F. Burstein(2015), "A crowd monitoring framework using emotion analysis of social media for emergency management in mass gatherings." *ACIS 2015, Proceedings*.
- [19] S. C. Pin, F. Haron, S. Sarmady, A. Z. Talib, A. T. Khader(2011), "Applying TRIZ principles in crowd management." *Safety Science*, 49(2):286-291.
- [20] W. Li, J. Gong, P. Yu, S. Shen(2016), "Modeling, simulation and analysis of group trampling risks during escalator transfers." *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 444:970-984.
- [21] A. Johansson, D. Helbing, H. Z. A-Abideen, S. Al-Bosta(2008), "From crowd dynamics to crowd safety: a video-based analysis." *Adv Complex Syst.* 11(04):497-527.
- [22] E. B. Hsu, F. M. Burkle(2012), "Cambodian Bon Om Touk stampede highlights preventable

- tragedy.” Prehosp Disaster Med. 27(5):481-482.
- [23] N. H. Nielsen(2015), “Social control of the media: a comparative analysis of British media coverage of 1989 Hillsborough Disaster (1989 to 1990 and 2012 to 2013).” Master of Arts in Mass Communication, Los Angeles, California USA: California State University, Northridge.
- [24] J. Drury, D. Novelli, C. Stott(2015), “Managing to avert disaster: explaining collective resilience at an outdoor music event.” European Journal of Social Psychology, 45(4):533-547.
- [25] S. Phil(2013), “The legacy of Hillsborough: liberating truth, challenging power.” Race & Class, 55(2):1-27.
- [26] S. Kolli(2014), Multi-Agent Management of Crowds to Avoid Stampedes in Long Queues, Hyderabad, India: International Institute of Information Technology Hyderabad.
- [27] A. brahim, I. Venkat, K. G. Subramanian, A. T. Khader, P. De Wilde(2016), “Intelligent evacuation management systems: A review.” ACM Trans Intell Syst Technol., 7(3):1-27.
- [28] K. M. Ngai, F. M. Burkle, A. Hsu, E. B. Hsu(2009), “Human stampedes: a systematic review of historical and peer-reviewed sources.” Disaster Med Public Health Prep. 3(4):191-195.
- [29] D. Anderson(1997), Strand of System, The Philosophy of C, Peirce, West Lafayette, Purdue University Press
- [30] J. Duan, W. Zhai, C. Cheng(2020), “Crowd Detection in Mass Gatherings Based on Social Media Data: A Case Study of the 2014 Shanghai New Year’s Eve Stampede.” Int. J. Environ. Res. Public Health, 17:1-14.
- [31] T. L. Satty(2011), “Multi-criteria Decision Making.” The Analytic Hierarchy Process, AHP series, 1.
- [32] Leigh, Mark(2009), Understanding Crowd Behaviour: Supporting Evidence, New York : The Cabinet Office Emergency Planning College.

저자 소개



임사량

동덕여자대학교 경제학사 취득.
호서대학교 수소에너지안전기술공학과 석사
취득

이력 : 호서대학교 산학협력단 안전환경센터
교육강사

관심분야 : 위험성평가, 로봇안전, 안전문화,
시스템안전

신상훈

인하대학교 기계공학과 학사

이력 : LG CNS, ATEC AP, BP Automation
책임 연구원

관심분야 : 기계 및 메카트로닉스 설계, 자동화
장비, 로봇 공정 안전 설계 등



임원빈

한양대학교 석사(환경공학) 취득 한국 공학
대학교 공학박사(생명화공) 취득
㈜한국환경안전기술 대표 이사