

[Research Paper]

화재안전트리 이론에 따른 초고층건축물의 소방력 공급방안: 수동화재진압 전략을 중심으로

오승주 · 공하성^{*†}

전북소방본부 구조팀장, *우석대학교 소방방재학과 교수

The Method of Force of Fire in High-Rise Building by Guide to the Fire Safety Concepts Tree: Focusing on Manually Fire Suppression Strategy

Seong-Ju Oh · Ha-Sung Kong^{*†}

Chief of Rescue Team, Jeonbuk Fire Service,

*Professor, Dept. of Fire and Disaster Prevention, Woosuk Univ.

(Received November 20, 2019; Revised December 24, 2019; Accepted January 13, 2020)

요 약

이 연구는 초고층건축물의 고층부에서 소방력의 공급의 효율성을 분석하고 이를 효율적으로 공급하는 방안을 제안하였다. 연구결과는 다음과 같다. 첫째, 화재감지는 외부에서 경보·진동·음성 등 화재경보의 다양화, 화재발생지점의 명확화 및 건축물 외부에도 화재층 표시를 통해 소방력 공급시간을 단축할 필요가 있다. 둘째, 신호통신은 무선통신보조설비의 설치대상을 강화하고, 중계기 설치를 보완하며, 다중통신망을 구성할 것을 제안하였다. 셋째, 행동결정은 인접건축물에서 도하의 방법으로 진압대원 및 소방장비를 공급하고, 일정 층마다 파괴가 용이한 유리창을 설치하며 식별표시도 필요하다. 넷째, 현장대응은 활강과 수직구조기법을 적용하여 소방장비의 공급 및 진압대원의 진입을 돕고 드론을 이용하여 소방장비를 공급한다. 마지막으로 충분한 소화액 제공은 헬리콥터와 인접한 건축물을 이용하여 소방용수를 공급한다.

ABSTRACT

This study analyzes the issue of the supply of force of fire in the high-rise buildings, and proposes an efficient method to do so. The results are as follows. First, in terms of Detect fire, it is necessary to shorten force of fire supply time by diversifying fire alarms such as alarms, vibrations, and voices from outside, clarification of fire occurrence points, and marking of fire. Second, with regard to communication signals, strengthening the installation target of wireless communication auxiliary facilities, supplementing the installation of repeaters, and constructing a multicomcommunications network were proposed. Third, in terms of Decide action, it is necessary to supply firefighter and firefighting equipment with the method of crossing of a river in adjacent buildings. Fourth, in terms of Respond to site, helicopters and emergency elevators are used to assist in the supply of firefighting equipment using drones. Easy-to-break glass windows and identification marks are required in every floor. Finally, in terms of applying fire suppressants, water can be supplied by means of a helicopter adjacent to the structure.

Keywords : Guide to the fire safety concept tree, High rise building, Force of fire, Manually fire suppression strategy, Firefighter

1. 서 론

초고층건축물이란 「건축법 시행령」에서 층수가 50층 이상이거나 높이가 200 m 이상인 건축물을 말한다⁽¹⁾. 전국의

초고층건축물은 2014년 89개소, 2015년 92개소, 2016년과 2017년은 107개소로 해마다 증가하는 추세에 있다⁽²⁾. 토지의 효율적인 이용과 랜드마크의 상징성으로 인하여 초고층 건축물은 앞으로도 지속적으로 증가할 것으로 예상된다.

[†] Corresponding Author, E-Mail: 119wsu@naver.com. TEL: +82-63-290-1686, FAX: +82-63-290-1478

© 2020 Korean Institute of Fire Science & Engineering. All right reserved.

화재발생 건수도 2016년 8건, 2017년 17건, 2018년 15건으로 초고층 건축물에서의 화재도 계속 발생하고 있다⁽³⁾.

초고층건축물은 공간이 수직적으로 분포하여 피난의 어려움과 바람의 영향을 받는다. 상층부로의 화재확산 속도가 빠르며, 연기의 제어가 어렵고 높은 자연낙차 압력이 발생한다. 또한 고층부에 소방대원의 접근이 곤란하여 소방활동에 많은 시간이 소요된다⁽⁴⁾. 화재진압의 3요소는 ‘훈련된 소방대원’, ‘소방장비’ 및 ‘풍부한 소화용수’로 구성된다. 초고층 건축물의 경우 소방장비와 소화용수의 공급에 한계가 있으므로 공기호흡기, 개인장비 등을 착용하고 건축물에 진입하는 소방대원의 대응력이 주를 이룬다⁽⁵⁾. 그러나 초고층건축물에 대한 효율적인 화재진압을 위해서는 소방헬기, 드론과 구조장비 등을 사용하여 화재진압의 3요소를 공급할 수 있는 대안 마련이 중요하다.

초고층건축물의 소방력 공급에 관한 기존 연구로 Kwon⁽⁶⁾의 초고층건축물의 피난 및 방화시설에 관한 연구, 소방장비에 국한된 Jung⁽⁷⁾의 초고층건축물의 화재 및 피난대응 개선방안 연구, 무선통신과 공기공급방안에 관한 Kim⁽⁸⁾의 고층건축물의 소방전술의 실효성확보를 위한 설계방안 연구, Kim⁽⁹⁾의 초고층건축물 화재시 연결송수관설비 활용방안에 관한 실험적 연구, 소화용수에 국한된 Lee⁽¹⁰⁾의 초고층건축물의 효율적인 화재진압에 관한 연구, 소방대원에 국한된 Yoo⁽¹¹⁾의 초고층건축물 화재시 소방대원의 현장 접근성에 관한 연구 등이 있다.

하지만 초고층건축물의 고층부에서 소방력의 전반적인 공급방안에 관한 종합적인 연구는 찾아보기 어렵다. 특히 NFPA 550⁽¹²⁾ 화재안전전략 트리 이론을 적용한 연구는 없는 실정이다. 따라서 이 연구는 NFPA 550 화재안전전략 트리 이론을 적용하여 현재 이루어지고 있는 소방력 공급의 효율성을 분석하고 초고층건축물에 소방진압대원, 소방장

비 및 소화용수를 효율적으로 공급하는 방안을 마련하고자 한다.

2. 화재안전전략 트리 이론

2.1 화재안전전략 트리 이론의 필요성

초고층건축물은 높이가 200 m 이상으로 공간이 수직으로 분포하고 화재하중이 높아 수직으로 연소확산 속도가 빠르고 고층부의 접근이 용이하지 않으며 피난동선이 길고 피난로가 연기로 오염되어 대피가 어렵다⁽¹³⁾. 또한 소방활동에 장시간이 소요되므로 착화방지, 화재 및 피난자 관리 등 종합적인 안전대책이 요구된다⁽¹⁴⁾. NFPA 550의 화재안전전략 트리 이론은 화재를 미연에 방지하는 착화방지, 발생한 화재의 피해를 최소화하기 위해 화재성장과 확산위험을 줄이기 위한 화재관리, 재산과 피난자를 보호하는 대피자 관리 등에 관한 사항을 종합적으로 규정⁽¹⁵⁾하고 있고, 초고층건축물을 포함한 일반건축물의 화재안전전략 분석에 적용되고 있으며 화재안전 실무자인 설계자, 공학자, 코드제작자의 화재안전에 관한 의사소통의 도구로도 사용⁽¹⁶⁾하고 있으므로 초고층건축물에 화재안전전략 트리이론을 적용하여 현재 이루어지고 있는 소방력 공급에 관한 효율성을 분석하여 화재안전을 확보하고자 한다.

2.2 화재안전전략 트리 이론의 구성

NFPA 550 화재안전전략 트리 이론에서는 화재안전전략 트리 이론의 목적을 ‘화재안전’으로 규정하고 있다. 화재안전전략 트리의 구조는 예방영역인 착화방지와 대응영역인 화재발생 이후의 피해를 줄이고자 하는 화재피해 제어전략인 화재충격관리를 제시하고 있다. 이 구조는 계층적 관계를 보여주는 논리게이트인 ‘OR gate(⊕)’와 ‘And gate(⊙)’를 사용하여 구성하고 있다. Figure 1은 NFPA 550에서 언급하

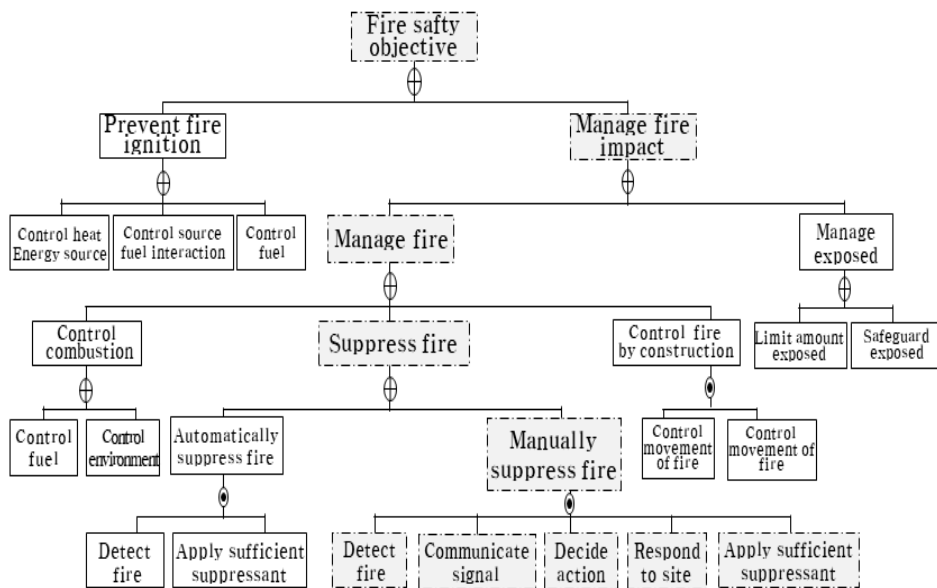


Figure 1. NFPA 550 Guide to the fire safety concept tree.

Table 1. The Structure of Manually Suppress Fire

Division	Definition
Detect Fire	Detecting Fire Manually or Automatically by Human
Communicate Signal	Wire or Wireless Communication System Between Firefighter
Decide Action	Deciding a Firefighting Tactic to Extinguish a Fire
Respond to Site	To Carry out Firefighting Activities with Firefighters and Equipment
Apply Sufficient Suppressant	Supplying Sufficient Extinguishing Water to Extinguish the Fire

는 화재안전에 대한 트리의 개요를 보여준다.

화재안전전략 트리의 최상부 전략은 화재안전으로 규정하였고 화재안전의 목적을 달성하기 위한 전략은 착화방지와 화재충격관리 두 범주가 ‘OR gate’로 연결되어 있다. 즉, 두 개 중 어느 하나의 전략만으로도 화재안전의 목적을 달성할 수 있다는 의미이다. 또한 두 가지 전략이 다 포함된다면 화재안전의 목적을 보다 명확하게 달성할 수 있게 된다. 착화방지는 열·에너지원 통제, 열원과 연료 상호작용 통제, 연료통제가 ‘OR gate’로 연결되어 있으므로 세 가지 전략 중 어느 하나라도 완벽하게 수행된다면 착화방지 목적을 달성하게 된다. 화재충격관리는 대피자 관리와 화재 관리가 ‘OR gate’로 연결되어 있어서 둘 중 어느 하나가 실현된다면 화재충격관리의 목적을 달성하게 되는 것이다. 대피자 관리는 노출된 재산과 거주자 수를 제한하거나 보호함으로써 달성하게 된다.

화재관리는 화재의 성장과 확산에 관련된 잠재적 위험을 줄여 화재의 충격을 줄이자는 것이다. 화재관리는 연료와 주변 환경의 개선을 통해 연기와 열방출률을 통제하는 연소과정 통제, 수동 또는 자동화재진압에 의한 화재진압, 환기 또는 화재확산을 통제하는 내화구조가 ‘OR gate’로 구성되어 있으므로 연소과정통제, 화재진압, 내화구조 중 어느 하나의 전략만으로도 화재안전의 목적을 달성할 수 있다는 의미이다.

본 논문에서는 세 가지 전략 중에서 화재진압전략 분야의 수동화재진압을 중심으로 적용하고자 한다. 자동소화설비 작동으로 자동화재진압이 되어도 최종적으로 소방대가 소화 여부를 확인하여야 하고 자동으로 화재진압이 되지 않는 경우 소방대가 수동으로 화재를 진압해야 하는 경우가 대부분이기 때문이다. 수동화재진압 전략이 제대로 수행되면 화재관리의 목적이 달성되고 화재안전트리 이론의 최상부 전략인 화재안전의 목적을 달성할 수 있다. 따라서 초고층건축물의 화재안전을 위해 화재관리 중 수동화재진압 전략을 적용하여 초고층건축물의 소방력 공급방안을 제시하고자 한다. 수동화재진압은 화재감지, 신호통신, 행동결정, 현장대응 및 충분한 소화액 제공의 다섯 가지 전략이 ‘And gate’로 구성되어 있어서 다섯 가지 모두가 달성되어야 수동화재진압의 목적을 달성할 수 있다. 화재감지는 감지기에 의한 자동감지 또는 사람에 의한 수동으로 화재를 발견하는 것을 의미하며, 신호통신은 초고층건축물의 화재

대응요원 상호간의 유·무선통신체계를 말한다. 행동결정은 화재를 대응하는 소방대가 화재를 진압하기 위해 화재진압전술을 공격전술 또는 방어전술 등 어떤 전술을 전개할 것인가에 대한 결정 등을 말하고, 현장대응은 전략에 맞게 진압대원과 필요한 화재진압장비로 소방활동을 수행하는 것을 말한다. 충분한 소화액 제공은 화재진압에 충분한 소화용수를 공급하는 것을 말한다. 이상의 사항을 정리하면 Table 1과 같다.

3. 초고층건축물의 소방력 공급의 효율성 분석

3.1 화재감지 : 화재의 위치·규모 파악 지연으로 소방력 공급시간의 지체

신속하게 화재감지, 화재위치 및 화재규모를 파악하여 화재발생을 관계자 및 119상황실에 통보하면 효율적인 소방력을 공급할 수 있다. 초고층건축물에는 아날로그방식의 주소형 화재감지기를 설치하여 초기에 화재 위치를 알 수 있지만 화재가 확대되어 감지기와 수신기의 신호배선이 연소되는 등의 소실로 연소가 확대된 화재층 및 위치를 특정하기가 어려운 상황이 발생한다. 수직적 구조에 따라서 무창층 구조이고 수직으로 공간이 배치되어 외부로 연기 등이 분출되지 않으면 건축물 외부에서 화재가 발생한 층을 확인하기 어렵다⁽¹⁷⁾. 또한 수평적으로도 공간이 폐쇄적으로 구성되어 연소확대에 따른 화재규모의 파악이 어려워 화점의 위치, 연소상황을 파악하기 곤란해 화재진압의 작전전개에 한계가 있다⁽¹⁸⁾. 초고층건축물이 요구하는 기준 이상의 방재시설을 구축한 세계무역센터(WTC) 화재에서도 비상운영통제센터의 기능 정지로 화재감시시스템이 작동되지 않았다⁽¹⁹⁾. 우신골드스위트화재(2010)에서는 화재발생시점으로부터 119신고접수까지 약 26분이 소요되었고⁽²⁰⁾ One Meridian프라자 화재(1991)는 뒤늦게 외부인이 화재신고를 하였다⁽²¹⁾. 따라서 감지기의 화재감지가 늦어지거나 화점의 파악이 지연되는 경우 화재확대에 따른 소방력을 공급하는 시간이 지체하게 된다.

3.2 신호통신 : 수직방향 통신두절과 다중접속에 의한 통신쪽주현상으로 소방력 공급 차질

신호통신은 수직방향의 무선통신과 다중접속을 하여도 원활하게 소방활동 정보를 교환할 수 있으면 효율적으로

소방력을 공급할 수 있다. 휴대용 무전기는 아날로그 방식에서 디지털 방식으로 무전기가 전환되고 있는 추세이다. 그리하여 통화품질은 향상되었으나 전파의 직진성이 강해 통화범위가 수직방향으로 제한되므로 고층까지 신호가 전달되는 데 한계가 있다. 화재현장에서 수동화재진압과 관련된 정보를 휴대용 무전기를 통해 전달하도록 규정하고 있다. 소방활동 중 지상과 초고층건축물의 옥상층과 수직적 무선통신이 두절되거나 진압대원의 다중접속으로 인해 통신폭주현상이 발생하여 원활한 정보교환이 이루어지지 않는다⁽²²⁾. 일반적으로 건축물은 지하 2층 이하로 내려가거나 16층 이상 올라가면 대부분의 무전기는 전파장으로 교신이 어렵다⁽²³⁾. 세계무역센터(WTC) 화재에서도 건축물 붕괴 징후를 지휘통제소에서 건축물 내의 소방대원에 무선으로 통보하였으나 30층 이상은 신호가 전달되지 않아 진압대원 340명이 사망한 사례도 있다⁽²⁴⁾. 또한 초고층건축물 화재인 경우 대형화재에 해당하므로 화재대응단계를 대응 2단계⁽²⁵⁾ 이상의 대규모 소방력을 출동시켜 소방활동을 하게 된다. 소방무선통신은 휴대용 무전기 송신단자(PTT, Push To Talk)를 먼저 누른 진압대원의 통신내용이 송신되므로 진압대원이 휴대용 무전기 송신단자를 누르고 있으면 다른 진압대원이 휴대용 무전기 송신단자를 누르고 신호를 발송해도 그 신호가 송신되지 않는다. 현장에서 사용하는 무전기는 다수의 인원이 동시에 사용시 혼잡하여 지휘자의 명령이 전달되지 않거나 통신이 불가능 할 수 있다⁽²⁶⁾. 초고층건축물의 통신장애는 통신장비의 거리 제한상 문제점 이외도 화재진압시 소방대원들간의 무선장애의 문제점이 있다⁽²⁷⁾. 대규모 소방력을 동원할 경우 진압대원이 다중으로 휴대용 무전기에 접속하게 되어 통신폭주 현상이 발생하여 정보전달을 제대로 할 수 없다. 이러한 통신폭주는 소방력을 공급하여 수동화재진압에 결정적인 역할을 할 수 있는 중요한 정보를 전달할 수 없게 되어 화재진압에 필요한 소방력 공급에 부정적 영향을 미친다. 따라서 유·무선 통신이 원활하지 않으면 정보전달을 제대로 할 수 없어서 화재진압에 필요한 소방력을 공급할 수 없게 될 수 있다.

3.3 행동결정 : 소방력 공급의 지연으로 방어전술 선택 및 자원대기소 확보 지연

소방력의 규모에 부합한 소방전술의 선택과 화재를 제어하여 자원대기소를 확보하면 지속적으로 소방력을 공급할 수 있어 신속한 수동화재진압을 수행할 수 있다. 행동결정은 화재를 대응하는 소방대가 화재진압전술 중 화재규모에 적합한 공격전술 또는 방어전술을 선택하는 것을 말한다. 첫째, 화재진압 작전은 진압대원과 소방장비가 연속적으로 공급되어 보유한 소방력의 규모에 적합한 진압전술을 선택하여야 한다. 스모쿠드타워 화재(1993)에서 비상전원장치가 냉각수배관 폭발로 과열되어 작동되지 않아 전력공급이 중단되어서 비상용 승강기의 부작동으로 소방대는 피난계단을 이용하여 화재층에 도달 할 수 밖에 없었다⁽²⁸⁾.

비상용 승강기를 사용할 수 없는 경우 수직적 동선이 길어 소방력이 화재층에 도달하는데 장시간이 소요되므로 방어전술을 주로 적용하고 적극적인 공격전술을 적용하지 못하여 화재피해가 늘어난다. 진압작전의 핵심은 진압대원과 소방장비의 움직임에 감지하고 지속적인 공급라인을 유지해야 한다⁽²⁹⁾. 따라서 보유한 소방력 규모에 소방전술의 선택이 제한되므로 보유한 소방력 규모에 적합한 진압전술을 선택하여야 한다. 초고층건축물의 구조적인 역기능 때문에 충분한 소방력이 공급되기에는 상당한 시간이 필요하므로 방어전술을 적용하는 시간이 길어지는 단점이 있다. 둘째, 화재를 제어하는 전술을 적용하여 자원대기소를 확보하여야 한다. SOP 223⁽³⁰⁾ 초고층건축물 화재대응절차에서 자원대기소를 화점 직하층에 설치하여 교대인력, 예비용기, 조명기구 등 소방장비를 집중관리하도록 규정하고 있다. 자원대기소를 확보하는 것이 초고층건축물의 수동화재진압을 수행하는데 반드시 필요하다. 자원대기소는 소방력을 보급하는 전진기지이기 때문이다. 진압대원이 내부의 피난계단을 이용하는 경우 소방력 공급에 장시간이 소요되고 진압대원이 외부에서 진입하여 자원대기소를 확보하는 것이 곤란하다. 초고층건축물은 무창층 구조이고 외벽은 일반 유리강도의 약 5~10배나 되는 강화유리로 되어있는 경우가 대부분이므로 화재진압대원이 쉽게 파괴할 수 없기 때문이다⁽³¹⁾. 화재가 발생한 층의 화재를 제어하기 위한 최소한의 방어전술을 전개함으로써 화재를 제어하고 안전하게 화재층 아래에 자원대기소를 확보하여야 한다. 그렇지 않으면 소방력을 공급받을 수 없게 된다.

3.4 현장대응

3.4.1 고층부에 진압대원 접근 곤란

진압대원 및 소방장비를 화재층에 신속히 공급하면 효율적으로 수동화재진압을 할 수 있다. 공간이 수직적으로 분포하여 화재층이 고층부인 경우 진압대원의 접근이 곤란하여 소방활동에 많은 시간이 소요된다⁽³²⁾. 초고층건축물 화재대응절차 SOP223을 보면 “화재층이 고층인 경우 비상용승강기를 화재층을 기점으로 2개 층 이하까지 이용하고 화재층 진입은 옥내계단 또는 특별피난계단을 활용”하고, “화점을 확인한 시점에서 전진지휘소는 화재층의 2개 층 아래에 설치하고 자원대기소는 화재층의 직하층에 설치하여 교대인력, 조명기구, 예비용기 등 기자재를 집중관리”라고 되어 있다. 초고층건축물에서 화재층의 접근은 비상용승강기를 사용하는 것이 원칙이고 예외적으로 옥내계단이나 특별피난계단을 이용하여 화재층에 접근하도록 규정하고 있다. 하지만, 우신골드스위트 화재(2010)에서는 소방전용 엘리베이터 권상기실과 전기케이블이 연소되었고⁽³³⁾, 두바이 토치빌딩 화재(2015)에서는 비상전원의 용량이 부족하여 비상용승강기를 사용할 수 없어 도보로 특별피난계단을 이용하여 화재층에 진입하거나 고가사다리차가 도달할

수 있는 층 이상은 옥내계단을 이용하여 화재층에 도달할 수밖에 없었다³⁴⁾. 이것은 화재층까지 진입에 많은 시간이 소요된다. 소방대 전용인 비상용승강기는 일반적으로 1대가 설치되어 있는 경우가 대부분이고 탑승인원 제한으로 단시간에 화재진압에 적절한 진압대원을 화재층에 진입시키는 데는 한계가 있다. 또한 퍼스트인더스테이트뱅크 화재 사례 등에서 보듯이 특별피난계단도 재실자의 피난과 소방대의 진입, 소방호스의 전개로 인한 방화문 개폐에 따라 연기가 확산되어 소방대원의 화재진압활동에 장애가 된다³⁵⁾. 계단을 통하여 진입하거나 수관을 전개하는 경우 피난자의 동선과 중복되어 화재층까지 진입에 많은 시간이 소요되어 진압활동의 효율성이 낮아진다. 화재진압대원이 약 25 kg의 개인안전장비를 착용하고 도보로 특별피난계단을 통해 초고층건축물의 고층부 화재층에 도달하기까지는 많은 체력을 소모하고 공기호흡기의 사용시간을 단축시켜 화재 진압활동의 효율성이 떨어지게 된다³⁶⁾. 실제로 oo소방서(2013)에서 공기호흡기를 미착용하고 방화복·헬멧·무전기·개인로프·연기투시렌턴만을 휴대한 30대 진압대원이 초고층건축물의 특별피난계단을 통해 30층과 60층에 도달하는데 소요시간을 측정한 결과 30층까지는 4 min 58 s, 60층까지는 12 min 23 s가 소요되었고 공기호흡기까지 휴대한 경우는 30층까지는 7 min 48 s, 60층까지는 15 min 23 s가 소요되었다. 공기소모량은 30층까지 도달하는데 11 MPa이고, 60층까지 도달하는 데는 19 MPa이었다. 공기호흡기 면체를 착용하고 특별피난계단을 통해 진입하는 경우 60층에 도달하면 15 min 23 s 동안에 19 MPa의 공기를 소모하고 공기호흡기 잔량은 11 MPa이 되었다. 이 잔량으로는 10 min 정도밖에 화재진압활동을 할 수 없게 되는 것이다³⁷⁾.

3.4.2 고층부에 소방장비 공급 곤란

소화활동은 화재층 2개 층 아래에 도착 후 화재층의 직하층에 있는 옥내소화전 및 연결송수관 방수구를 점령하고 계단실에서 소방호스를 꼬이지 않도록 전개하여 소화활동을 하는 경우가 일반적이다. 상황에 따라 화재층의 옥내소화전 또는 연결송수관을 사용할 수도 있다.

초고층건축물 화재대응절차 SOP223을 보면 “화점을 확인한 시점에서 전진지휘소는 화재층 의 2개 층 아래에 설치”하고 “자원대기소는 화재층의 직하층에 설치하여 교대인력, 조명기구, 예비용기 등 기자재의 집중관리”라고 되어 있다. 초고층건축물의 화재진압을 위해서는 조명장치, 수중펌프, 동력펌프, 발전기, 송·배풍기, 호스, 노즐, 전선릴, 로프 등의 장비가 필요하다. 비상용승강기를 사용할 수 있는 때는 이들의 소방장비를 자원대기소에 공급하는 것은 문제가 없지만 전원 케이블의 손실 등으로 비상전원이 공급되지 않는 상황에서는 특별피난계단을 통해 소방장비를 자원대기소에 공급하는 것은 많은 시간과 진압대원의 에너지 소진으로 체력을 고갈시켜 화재진압활동을 할 수 없게 된다³⁸⁾.

3.4.3 소방장비 구동용 동력 공급 곤란

소방장비가 화재층에 공급된다 해도 구동전력이 필요한 소방장비는 구동용 동력이 공급되지 않으면 효율적으로 수동화재진압을 할 수 없다. 초고층건축물의 화재진압을 위해서는 조명장치, 수중펌프, 동력펌프, 발전기, 송·배풍기 등의 소방장비가 필요하다. 화재진압대원들로 구성된 소방대가 특별피난계단실에서 연결송수관설비, 비상콘센트설비, 무선통신보조설비 등과 자원대기소에 공급된 소방장비를 사용하여 소방활동을 수행한다. 초고층건축물의 구조적인 역기능을 해소하기 위해 설치한 비상콘센트설비에 비상전원이 원활하게 공급되면 구동동력이 필요한 소방장비들을 사용하여 신속하게 효율적인 수동화재진압을 수행할 수 있다. 반면에 비상전원이 비상콘센트에 공급되지 않으면 송·배풍기, 수중펌프 등을 사용할 수 없어 신속한 수동화재진압에 부정적인 영향을 주게 된다. 따라서 초고층건축물의 자원대기소에 공급된 소방장비 중 구동 전원이 필요한 소방장비는 비상전원이 공급되지 않으면 소방장비를 사용할 수 없으므로 소방장비 구동용 전력의 공급은 원활한 소방장비 공급의 미비점을 보충하여 소방장비 공급의 효율성을 향상시킨다.

3.5 충분한 소화액 제공 : 소화용수 고갈과 방수압력 미달

초고층건축물 고층부에 충분한 량의 소방용수 공급과 0.35 MPa 이상의 방수압력을 유지하면 신속한 수동화재진압을 할 수 있다. 화재가 고층부에서 발생할수록 연결송수관설비의 활용성과 필요성은 커진다. 우신골드스위트 화재(2010), 퍼스트인더스테이트뱅크 화재(1988), 스모쿠드 타워 화재(1993)에서와 같이 스프링클러 헤드가 다수 개방되어 수원이 고갈로 인해 화재진압에 어려움이 있었다. 화재가 외부로 확대되어 벽면을 따라 상승하여 여러 층의 창문을 통해 실내로 확대되면서 스프링클러헤드가 개방되면서 옥상수조의 수원이 모두 방출되는 현상이 나타났다. 비상전원이 공급되지 않을 때는 외부에서 소방펌프차로 연결송수관설비 송수구를 이용하여 소화용수를 송수하지만 고층부에서는 방수압력이 낮아 소화용수가 공급되지 않을 수도 있다³⁹⁾. 한편 소화활동시에는 건축물의 높이에 따른 압력손실도 고려해야 한다. 높이 0.3 m당 0.00299 MPa의 압력손실이 발생한다. 그러므로 층고가 3 m 라면 4층은 0.03 MPa, 51층은 0.00184 MPa의 압력손실에 연결송수배관 마찰손실, 호스 및 노즐의 마찰손실을 고려하여 소방펌프를 선정해야 한다⁴⁰⁾.

4. 초고층건축물의 효율적인 소방력 공급방안

4.1 화재감지: 화재경보 다양화·화재발생지점의 명확화, 외부 화재층 표시 및 영상화재감지기를 통한 소방력 공급시간 단축

Lee⁴¹⁾은 화재발생을 음향장치에 의한 경보 뿐만아니라

진동 및 음성으로 관리자에 통보하는 시스템을 제안하였고, Jung⁽⁴²⁾은 화재발생지점을 명확히 통보할 수 있는 방안을 제시하였다. 이와 달리 Lee⁽⁴³⁾은 CCD 카메라 영상화재 감지기 설치와 Son⁽⁴⁴⁾은 시각적으로 화재를 감지하기 위해 CCTV장치 등을 이용한 비디오 기반의 화재감지 방법을 제시하였다. 신속하게 화재의 발생위치와 화재규모를 파악하고 화재발생을 통보하여 소방력의 공급시간을 단축하는 것이 필요하다. 그러므로 신속하고 정확한 화재신고를 위해서는 관리자에게 화재발생지점을 명확히 통보를 할 수 있도록 아날로그식 화재감지기의 설치를 의무화하고, 관리자에게 화재발생의 통보를 스마트폰 등을 이용하여 음향, 진동, 음성으로 알릴 필요가 있고 초고층건축물의 외부에도 화재가 발생한 층을 표시할 수 있는 표시등 또는 표시장치를 설치하여 외부에서도 화재가 발생한 층을 쉽게 확인할 수 있도록 한다. 또한 영상화재감지기와 CCTV를 이용한 비디오 기반의 화재감지장치를 설치할 필요가 있고 CCTV와 자동화재탐지를 연동하여 화재상황과 규모를 신속히 파악하여 소방대의 대응을 위한 소방력 공급시간을 단축하게 한다.

4.2 신호통신 : 무선통신보조설비의 설치대상 확대, 중계기 보완 및 다중통신망의 구성

Kim⁽⁴⁵⁾은 5개 층마다 무선안테나를 설치하고 지상에 무선기 접속단자를 설치할 것을 제안하였다. 반면에 Kim⁽⁴⁶⁾은 수많은 소방대가 동원되는 상태에서 지휘통신 전용의 채널을 운용하여 현장지휘체계를 확립하고 스마트폰 응용 프로그램을 사용하여 휴대전화로도 통신을 할 수 있도록 해야 한다고 주장하였다. 휴대용 무전기는 아날로그 방식에서 디지털 방식으로 무전기가 전환되고 있어서 통화품질은 좋으나 전파의 직진성이 강해져서 수직방향의 고층부까지 신호가 전달되는 데 한계가 있다. 따라서 정보전달을 원활하게 하기 위해서는 첫째, 무선통신보조설비의 설치대상을 현재 16층 이상에서 11층 이상으로 설치대상을 확대하여 수직방향 원활한 무선통신체계를 확보할 필요가 있다. 둘째, 초고층건축물의 5층 단위로 이동식 중계기를 설치하거나 주위의 건축물에 무선 중계기를 설치하여 지상으로부터 옥상층까지 수직적 무선통신 음역대를 해소할 필요가 있다. 마지막으로 소방활동용 무선통신 회선을 지휘용 무선통신망과 다수의 작전용 무선통신망으로 통신망을 다중통신망을 구성하여 지상 지휘자와 방면 지휘자는 전용의 지휘용 무선통신망으로, 방면 지휘자와 진압대원들은 다수의 작전용 무선통신망으로 다중의 무선통신망을 구성하여 각각 전용의 무선통신망을 사용하여 정보전달을 할 수 있도록 다중통신망을 구성하여 다중접속으로 인한 통화폭주를 해소할 필요가 있다.

4.3 행동결정 : 인접 건축물에서 도하의 기법으로 진입대원·소방장비 공급, 파괴가 용이한 유리창·식별표시 및 외부 곤돌라 설치

Lee⁽⁴⁷⁾은 화재환경 변화에 따른 소방전술의 적절한 선택이 필요하며 화재성상을 분석하여 적용 가능한 소방전술을 사용할 수 있도록 주장하였고 「구조장비 조작 및 훈련기준」⁽⁴⁸⁾에서는 강물의 범람으로 고립된 사람을 구조하기 위해서는 수평도하 방법을 사용하도록 규정하고 있다. 반면에 Yoo⁽⁴⁹⁾은 초고층건축물에 소방전용 진입창을 설치하여 진입대원이 진입할 수 있도록 하였고 Kim⁽⁵⁰⁾은 초고층건축물 외부에 곤돌라 등이 있는 경우에는 곤돌라 등을 이용하고 불가피한 경우 보조적으로 계단을 이용하여 화재진압전술을 전개해야 한다고 주장하였다. 따라서 비상용승강기를 사용할 수 없는 경우 효율적인 소방력을 공급하기 위해서는 첫째, 초고층건축물의 비상용승강기를 사용할 수 없을 때는 「구조장비 조작 및 훈련기준」도하의 방법을 적용하여 진입대원을 자원대기소로 진입시키고 화재규모에 적합한 진압전술을 선택하여 수동화재진압을 할 필요가 있다. 진입대원이 화재층의 화재제어를 하여 소방력을 공급받을 수 있는 상황을 조성한 후 진입대원이 화재층의 2개 아래층인 전진지휘소에 도착하여 외부에서 접근할 수 있는 공간을 확보한 다음 인접한 초고층건축물의 피난안전구역에서 로프층이나 드론으로 화재가 발생한 초고층건축물의 전진 지휘소로 로프를 전개하면 선착 진입대원이 로프를 연결하여 인접한 초고층건축물의 피난안전구역에서 수평도하의 기법으로 진입대원을 진입시킬 수 있다⁽⁵¹⁾. 공기호흡기 예비용기, 소방호스, 수중펌프, 발전기, 휴대용 유압전개기, 송배풍기 등도 진입대원이 진입하는 방식대로 하면 효율적으로 소방장비도 공급할 수 있다. 둘째, 자원대기소를 확보하기 위해서는 신속한 진입대원의 외부 진입을 필요하므로 일정한 층마다 쉽게 파괴될 수 있는 유리창으로 대체하고 식별표시를 할 필요가 있다. 마지막으로 비상용승강기를 사용할 수 없는 경우에 초고층건축물의 효율적인 소방력 공급을 위해 소방활동용 곤돌라의 의무설치가 필요하며 건축물을 보수하기 위해 초고층건축물 외부에 곤돌라가 있는 경우 건축물 외부에서 진입대원이 곤돌라를 이용하여 화재가 발생한 층의 2개 층 아래로 파괴장비를 이용하여 유리창 등을 파괴하고 진입하여 소화활동을 전개하는 것도 필요하다. 구조대원이 건축물에서 외부에 설치된 곤돌라를 이용하여 매년 인명구조훈련을 실시하고 있는 것도 좋은 사례이다⁽⁵²⁾.

4.4 현장대응

4.4.1 활강과 수직구조 기법을 적용한 진입대원의 진입

소방구조장비 조작 및 훈련기준⁽⁵³⁾에서는 건축물 등에서 고립된 사람을 구조하기 위한 활강과 맨홀 등에 고립된 사람을 구조하기 위한 수직구조의 기법을 규정하고 있다.

이 기법을 적용하여 비상용승강기를 사용할 수 없을 경우 진압대원들이 체력을 소진하지 않고 화재층에 진입할 수 있는 방안을 제안한다. 첫째, 활강방식은 헬리콥터를 이용하여 외부에서 초고층건축물로 진입하는 기법이다. 복식사다리를 헬리콥터에서 화재층의 2개 아래층인 전진지휘소로 전개하여 이를 통해 전진 지휘소에 도착한 진압대원이 전진지휘소 기둥에 로프를 연결하면 헬리콥터와 전진지휘소가 연결되므로 진압대원이 헬리콥터에서 활강으로 신속히 진입할 수 있다. 둘째, 진압대원 1명이 전진지휘소에 먼저 도착하여 헬리콥터에서 로프층으로 발사된 로프를 전진지휘소 기둥에 연결하면 헬리콥터에서 활강으로 신속하게 진입을 할 수 있다⁽⁵⁴⁾. 셋째, 수직구조 방식은 비상용 승강로를 이용하여 전진 지휘소에 진입하는 방법이다. 진압대원이 먼저 전진지휘소에 도착하여 승강로에 삼각 지지대를 설치하고 도르래를 연결한 다음 승강로를 통해 로프를 내리면 아래의 진압대원이 로프에 매달리고 전진지휘소의 진압대원이 로프를 끌어올려 진압대원을 전진 지휘소로 진입시킨다. 마지막으로 초고층건축물의 비상용승강기에 소방활동을 위해 화재진압대원을 끌어 올릴 수 있는 지지대를 설치할 수 있도록 하고 피난안전구역에 호이스트, 휴대용 발전기를 설치할 수 있도록 「건축물의 설비기준 등에 관한 규칙」과 「고층건축물의 화재안전기준」을 개정하여 비상용 승강기를 이용할 수 없을 때 진압대원을 끌어올릴 수 있도록 할 필요도 있다.

4.4.2 활강·수직구조 기법·드론 등을 이용한 소방장비 공급

Chang⁽⁵⁵⁾은 카메라, 센서, 통신시스템 등을 탑재하여 인명구조, 물류 택배용 등 폭넓게 이용되고 있고 Lee⁽⁵⁶⁾은 드론론의 뛰어난 이동성과 인간 접근이 어려운 재난현장에 접근성이 뛰어나므로 드론을 활용할 것을 주장하고 있다. 특별피난계단을 이용하여 화재층에 진입할 수 밖에 없는 경우에는 첫째, 헬리콥터에서 활강의 방법으로 진압대원이 진입할 때 사용한 활강로프와 안전로프를 이용하여 헬리콥터에서 소방장비인 소방호스, 수중펌프, 발전기, 휴대용 유압전기기, 송배풍기 등을 안전로프로 묶고 카라비너를 통해 활강로프에 소방장비를 걸고 안전로프를 진압대원이 화재층의 2개 아래층에서 끌어당기면 효과적으로 소방장비를 공급할 수 있다. 둘째, 비상용승강기를 이용하는 수직구조의 방법으로 소방장비를 공급할 수 있다. 비상용승강기를 활용하여 진압대원의 현장 활동에 필요한 예비공기용기를 지속적으로 공급하면 체력의 한계도 극복할 수 있을 것이라 예상된다. 마지막으로 드론을 이용하여 외부에서 초고층건축물로 소방장비를 공급하면 효과적이다. 드론 기반 물품 배송 시스템과 같이 공기호흡기, 소방호스 등의 소방장비를 드론에 장착하여 피난안전구역 등으로 착륙시키면 신속하게 소화활동용 소방장비를 전달할 수 있다⁽⁵⁷⁾.

4.4.3 고가사다리차를 이용한 소방장비 구동용 비상전원 공급

전원 케이블의 손실 등으로 비상전원이 공급되지 않는 상황에서는 동력이 필요한 소방장비를 사용할 수 없다. 이 경우 고가사다리차를 이용하여 소방장비 구동용 비상전원을 공급할 수 있다. 비상콘센트설비는 11층 이상부터 설치하도록 규정되어 있다. 일반적으로 사용하는 용량 7.5 KVA 발전기는 무게가 86 kg 이상⁽⁵⁸⁾으로 중량이 크므로 드론을 이용하기 어려운 경우가 발생할 수 있다. 이런 경우 고가사다리차를 이용하여 11층에서 18층 사이의 어느 한 층에 발전기를 배치하고 발전기 출력단자와 비상용콘센트를 연결하면 비상발전기를 사용할 수 없는 경우에도 소방장비 구동용 비상전원을 공급할 수 있다.

4.5 헬리콥터와 인접건축물을 이용한 소화용수 공급

Kim⁽⁵⁹⁾은 소방차로 연결송수하여 연결방수구·이동용수조·동력소방펌프를 통해 소화용수 공급방안을 제안하였고, Sin⁽⁶⁰⁾은 고성능펌프차의 도입을 주장하였다. 따라서 충분한 소방용수를 공급하기 위하여 첫째, 헬리콥터의 호이스트로 물이 충전된 소화용수탱크, 수중펌프를 옥상에 내린 다음 소화용수탱크에 수중펌프를 넣고 발전기를 구동하여 옥상수조에 소화용수를 공급하면 자동으로 연결송수관 설비 배관을 통해 화재층의 방수구에 소화용수가 공급된다. 둘째, 수평구조방식과 동일하게 인접한 초고층건축물의 피난안전구역에서 로프층·드론을 이용으로 화재가 발생한 초고층건축물의 피난안전구역으로 로프에 소방호스를 지지하여 연결하고 양쪽의 옥내소화전 또는 연결송수관 방수구를 상호 연결하면 화재층에 소화용수가 공급된다. 마지막으로 건축물 상호간 소화용수 공급시설이나 급수탑 그 밖의 시설을 설치할 수 있도록 「고층건축물의 화재안전기준」을 개정하여 소화용수 공급의 신뢰성을 확보할 필요가 있다.

이상과 같이 초고층건축물의 소방력 공급의 분석에 따른 효율적인 소방력 공급방안을 정리하면 Table 2와 같다.

5. 결 론

이 연구는 초고층건축물의 고층부에서 소방력공급의 효율성을 분석하고 초고층건축물에 진압대원, 소방장비 및 소화용수를 효율적으로 공급하는 방안을 마련하고자 하였다. 연구결과는 다음과 같다. 첫째, 화재감지는 외부에서 화재층과 내부에서 연소상황 파악이 어려워 소방력 현장도착과 소방력 공급시간이 지체된다. 그러므로 경보·진동·음성 등 화재경보의 다양화, 화재발생지점의 명확화 및 건축물 외부에도 화재층 표시를 통해 소방력 공급시간을 단축할 필요가 있다. 둘째, 신호통신은 통신두절과 통화폭주현상으로 소방력 공급에 차질이 발생할 수 있으므로 무선통신보조설비의 설치대상을 기존 16층 이상에서 11층 이상으로 확대하고, 중계기 설치를 보완하며, 진압대원간의 다중

Table 2. Efficient Strategy Supply Fire-fighting Force to Follow Analysis of Fire-fighting Force

Division	Analysis of Effectiveness	Efficient Strategies
Detect Fire	To Delay Time to Supply Fire-fighting Force Because of Delaying to Know Fire Place and Intensity.	<ul style="list-style-type: none"> • Various Fire Alarms to Identify Fire Place. • To Mark Fire Floor Outside Buildings and Install Image Type Fire Detector.
Communicate Signal	A Setback to Supply Fire-fighting Force Because of Interrupt Radio Vertically and Congestion of Multiple access.	<ul style="list-style-type: none"> • To Expend Radio Communication System. • To Install Multi-net and Repeater.
Decide Action	To Select Passive Tactics and Delay to Secure a Resource Waiting Station Owing to Delay to Supply Fire-fighting Force.	<ul style="list-style-type: none"> • Supply Fire Fighter and Fighting Equipment by Applying cross a River from Adjacent Building. • To Install Easy-to-destruct Glass and a Gondola.
Respond to Site	The Difficulty that Fire Fighter Access to High Floor.	• To go Into Fire Fighter by Gliding down and Vertical Rescue Techniques.
	The Difficulty that Fire Equipment is Supplied to High floor.	• To Supply Fire Fighting Equipment by Drone, Gliding Down and Vertical Rescue Techniques.
	The Difficulty that Power of Equipment is Supplied to High Floor.	• Emergency Power Supply for Fire Equipment using an High Ladder Truck and Generator.
Apply Sufficient Suppressant	Sufficient Supply of Water for Extinguishing Fire and Adequate Pressure of Water.	• Sufficient Fire Water Supply using Helicopters and Adjacent Buildings.

통신망을 구성할 것을 제안하였다. 셋째, 행동결정은 소방력 공급의 지연으로 방어전술을 주로 적용하게 되므로 인접건축물에서 도하의 방법으로 진압대원 및 소방장비를 공급하여 적극적인 공격전술을 적용하도록 할 필요가 있고, 일정한 층마다 파괴가 용이한 유리창을 설치하고 식별표시를 하여 진압대원의 진입을 용이하게 하며 외부 곤돌라를 설치하여 진압대원의 진입을 시킨다. 넷째, 현장대응은 구조상 고층부에 소방력 공급과 진압대원의 외부진입이 곤란한 경우가 발생하므로 활강과 수직구조를 이용하여 소방장비의 공급 및 진압대원을 진입시킨다. 드론을 이용하여 공기호흡기, 소화호스 등의 소방장비를 공급한다. 이 밖에도 고가사다리차와 비상용 발전기를 이용하여 소방장비 구동용 비상전원을 공급한다. 마지막으로 충분한 소화액 제공은 여러 층의 스프링클러헤드 개방으로 소화용수의 고갈과 소방펌프차로 소화용수 공급 시 고층부에 방수압력이 미달될 수 있으므로 헬리콥터와 인접한 건축물을 이용하여 소화용수를 공급할 수 있다.

Reference

1. The South Korean Ministry of legislation, “Buildings act”, Article 2, Number 15.
2. Fire Department, “National Fire Service Statistics Yearbook”, Sejong Special Self-Governing City p.56 (2018).
3. Newsis (http://www.newsis.com/ar_detail/view.html?ar_id=NI_SX20111017_0009474987&cID=10202&pID=10200).
4. J. Y. Lee, “A Study on Efficient Fire Suppression in

High-rise Buildings”, Master’s Thesis, Kyonggi University, Graduate School of Construction Industry, Fire and Disaster Prevention, p. 9 (2012).

5. J. H. Yoo, “Firefighters’ On-site Access in Case of Skyscraper”, Ph.D. Thesis, Kyungil University, Graduate School, Fire & Disaster Prevention, p. 1 (2014).
6. D. P. Kwon, “A Study on the Evacuation and Fire Protection Facilities of Tall Buildings”, Master’s Thesis, Kangwon National University, Graduate School of Industry, Fire & Disaster Prevention, p. 54 (2018).
7. J. W. Yoo, “Firefighters’ On-site Access in Case of Skyscraper”, Ph.D. Thesis, Kyungil University, Graduate school, Fire & Disaster Prevention, p. 100 (2014).
8. H. J. Kim, “A Study on the Design Plan for Securing Effectiveness of High-rise Building Fire Tactics”, Master’s Thesis, University of Seoul, Graduate School of Urban Sciences, Disaster Prevention Engineering, p. 100 (2017).
9. E. J. Kim, “An Experimental Study on the Application of Connected Pipeline Equipment in Fires of Super-Buildings”, Master’s Thesis, Kyonggi University, Graduate School of Construction Industry, Fire & Disaster Prevention, p. 53 (2014).
10. J. Y. Lee, “A Study on Efficient Fire Suppression in High-rise Buildings”, Master’s Thesis, Kyonggi University, Graduate School of Construction Industry, Fire and Disaster Prevention, p. 41 (2012).
11. J. H. Yoo, “Firefighters’ On-site Access in Case of

- Skyscraper”, Ph.D. Thesis, Kyungil University, Graduate School, Fire & Disaster Prevention, p. 100 (2014).
12. NFPA550, “Guide to the Fire Safety Concepts Tree”, Article 4.5.1 (2017).
 13. K. Y. Kim, “A Study on the Fire Safety Management Management Plan of Tall Buildings”, Master’s Thesis, Kwangwoon University, Service Management, p. 34 (2012).
 14. T. S. Jung, “A Study on Improving Fire and Evacuation Response of Tall Buildings”, Master’s Thesis, Kwangwoon University, Graduate School of Environment, Disaster Safety Management Division, p. 37 (2017).
 15. <https://bsbgroup.com/blog/fire-safety-masterclass-chapter-three-super-high-rise-buildings/>
 16. https://www.techstreet.com/standards/nfpa-fire-550?product_id=1938756
 17. H. C. Shin, “A Study on the Fire Countermeasures of High-rise Buildings”, Master’s Thesis, Mokwon University, Graduate School of Industry, Subject of Study of Firedepartment, p. 13 (2011).
 18. T. S. Jung, “A Study on Improving Fire and Evacuation Response of Tall Buildings”, Master’s Thesis, Kwangwoon University, Graduate School of Environment, Disaster Safety Management Division, p. 37 (2017).
 19. H. J. Kim, “A Study on the Design Plan for Securing Effectiveness of High-rise Building Fire Tactics”, Master’s Thesis, University of Seoul, Graduate School of Urban Sciences, Disaster Prevention Engineering, p. 43 (2017).
 20. H. C. Shin, “A Study on the Fire Countermeasures of High-rise Buildings”, Master’s Thesis, Mokwon University, Graduate School of Industry, Subject of Study of Firedepartment, p. 23 (2011).
 21. J. H. Yoo, “Firefighters’ On-site Access in Case of Skyscraper”, Ph.D. Thesis, Kyungil University, Graduate school, Fire & Disaster Prevention, p. 33 (2014).
 22. H. C. Shin, “A Study on the Fire Countermeasures of High-rise Buildings”, Master’s Thesis, Mokwon University, Graduate School of Industry, Subject of Study of Firedepartment, p. 26 (2011).
 23. K. Y. Kim, “A Study on the Fire Safety Management Management Plan of Tall Buildings”, Master’s Thesis, Kwangwoon University, Service Management, p. 44 (2012).
 24. Y. C. Kim, “A Study on Efficient Fire Suppression in High-rise Buildings”, Master’s Thesis, Kyonggi University, Graduate School of Construction Industry, p. 45 (2012).
 25. Korea Ministry of Government Legislation, 「Responding Rescue and Commandment Standards」, Article 15 (2018).
 26. H. J. Kim, “A Study on the Design Plan for Securing Effectiveness of High-rise Building Fire Tactics”, Master’s Thesis, University of Seoul, Graduate School of Urban Sciences, Disaster Prevention Engineering, p. 23 (2017).
 27. K. Y. Kim, “A Study on the Fire Safety Management Management Plan of Tall Buildings”, Master’s Thesis, Kwangwoon University, Service Management, p. 37 (2012).
 28. K. O. Kwon, “Skyscraper Fire Cases and Lessons”, Disaster Prevention Research, Vol. 5, Number 3, p. 39 (2003).
 29. K. Y. Kim, “A Study on the Fire Safety Management Management Plan of Tall Buildings”, Master’s Thesis, Kwangwoon University, Service Management, p. 43 (2012).
 30. Disaster Site Standard Procedures, SOP223, “Super Tall Building Fire Response Procedure”, Jeollabuk-do Fire Department, p. 57 (2018).
 31. K. Y. Kim, “A Study on the Fire Safety Management Management Plan of Tall Buildings”, Master’s Thesis, Kwangwoon University, Service Management, p. 35 (2012).
 32. J. Y. Lee, “A Study on Efficient Fire Suppression in High-rise Buildings”, Master’s Thesis, Kyonggi University, Graduate School of Construction Industry, Fire and Disaster Prevention, p. 9 (2012).
 33. H. C. Shin, “A Study on the Fire Countermeasures of High-rise Buildings”, Master’s Thesis, Mokwon University, Graduate School of Industry, subject of study of Firedepartment, pp. 23-26 (2011).
 34. H. J. Kim, “A Study on the Design Plan for Securing Effectiveness of High-rise Building Fire Tactics”, Master’s Thesis, University of Seoul, Graduate School of Urban Sciences, Disaster Prevention Engineering, p. 47 (2017).
 35. H. J. Kim, “A Study on the Design Plan for Securing Effectiveness of High-rise Building Fire Tactics”, Master’s Thesis, University of Seoul, Graduate School of Urban Sciences, Disaster Prevention Engineering, p. 45 (2017).
 36. H. J. Kim, “A Study on the Design Plan for Securing Effectiveness of High-rise Building Fire Tactics”, Master’s Thesis, University of Seoul, Graduate School of Urban Sciences, Disaster Prevention Engineering, p. 51 (2017).
 37. H. J. Kim, “A Study on the Design Plan for Securing Effectiveness of High-rise Building Fire Tactics”, Master’s Thesis, University of Seoul, Graduate School of Urban Sciences, Disaster Prevention Engineering, p. 59 (2017).
 38. J. H. Yoo, “Firefighters’ On-site Access in Case of Skyscraper”, Ph.D. Thesis, Kyungil University, Graduate School, Fire & Disaster Prevention, p. 33 (2014).
 39. H. J. Kim, “A Study on the Design Plan for Securing Effectiveness of High-rise Building Fire Tactics”, Master’s Thesis, University of Seoul, Graduate School of Urban Sciences, Disaster Prevention Engineering, p. 60 (2017).
 40. W. H. Kim, “Fire Safety of High Rise Buildings”, Disaster

- Prevention Research, Vol. 5, No. 3, p. 19 (2003).
41. H. G. Lee, "Development of IoT-based Fire Detector and Mobile Phone Alarm System", Master's Thesis, Kangwon National University, Graduate School of Disaster Prevention, Disaster Prevention System, p. 37 (2019).
 42. W. J. Jung, "A Study on the Integrated Management of P Receivers with Communication Functions", Master's Thesis, Dongshin University Graduate School, Study of Fire, Subject of Study of Firedepartment, p. 55 (2010).
 43. J. H. Lee, "A Study for Video Fire Detector Installation Standards of CCD Camera", Master's Thesis, Dept. of Fire & Disaster Protection Engineering, Graduate School of Gachon University, Disaster Prevention Engineering, p. 37 (2019).
 44. T. G. Son, "Research of Video Based Real-Time Fire Detection Algorithm Using GPU", Master's Thesis, University of Ulsan, Graduate School of Urban Sciences, Electric-Electron-Computer Engineering, p. 2 (2015).
 45. H. J. Kim, "A Study on the Design Plan for Securing Effectiveness of High-rise Building Fire Tactics", Master's Thesis, University of Seoul, Graduate School of Urban Sciences, Disaster Prevention Engineering, p. 95 (2017).
 46. K. Y. Kim, "A Study on the Fire Safety Management Management Plan of Tall Buildings", Master's Thesis, Kwangwoon University, Service Management, pp. 43-44 (2012).
 47. Y. G. Lee "A Study on the Improvement of Fire Fighting Tactics Through Real Housing Fire Experiment", Ph.D. Thesis, Kyunggee University, Urban Sciences, Disaster Prevention Engineering, pp107-108 (2019).
 48. Korea Ministry of Government Legislation, "Fire Fighting Equipment Operation and Training Standards", Article 37.
 49. J. H. Yoo, "Firefighters' On-site Access in Case of Skyscraper", Ph.D. Thesis, Kyungil University, Graduate School, Fire & Disaster Prevention, p. 96 (2014).
 50. M. S. Kim, "Thestudy of Extinguishing and Prevention for Fires on Highbuildings", Master's Thesis, Graduate SchoolOf Public Administration Kyunggi University, Urban and localautonomy, pp. 51-53 (2013).
 51. JoongAng Ilbo, April 17, 2018(<https://news.joins.com/article/22544624>)
 52. <http://www.kns.tv/news/articleView.html?idxno=123164> (KNS News) (2013).
 53. Korea Ministry of Government Legislation, "Fire Fighting Equipment Operation and Training Standards", Article 103 (2018).
 54. Segyeilbo, February 9, 2017(<http://www.segye.com/newsView/20170209003722>)
 55. T. H. Jang, "A Study on Efficient Disaster Safety Management Using Drones", Ph.D. Thesis, Graduate School of Mokwon University, Department of IT Engineering, pp. 6-7 (2018).
 56. I. G. Lee, "A Study on the Police Use of Drones", Ph.D. Thesis, Graduate School of Hansei University, police, pp. 41-43 (2019).
 57. JoongAng Ilbo, October 26, 2017(<https://news.joins.com/article/22050657>)
 58. http://www.power88.kr/shop/shopdetail.html?branduid=193658&xcode=003&mcode=001&scode=&type=X&sort=&type=X&sort=order&cur_code=003&GfDT=bWl3UFs%3D
 59. E. G. Kim, "An Experimental Study on the Application of Connected Pipeline Equipment in Fires of Super-Buildings", Master's Thesis, Kyonggi University, Graduate School of Construction Industry, Fire & Disaster Prevention, pp. 41-42 (2014).
 60. H. C. Shin, "A Study on the Fire Countermeasures of High-rise Buildings", Master's Thesis, Mokwon University, Graduate School of Industry, Subject of Study of Firedepartment, p. 53 (2011).