

고층건축물의 피난기구 도입 필요성에 관한 연구 - 승강식피난기를 중심으로 -

최규출[†] · 나판주* · 설영미**

동원대학교 소방안전관리과, *(주)아세아방재, **서울벤처대학원대학교

A Study on the Necessity of Introducing Evacuation Instrument in High-rise Buildings

- Focusing on Elevator Type Evacuation Instrument -

Kyu-Chool Choi[†] · Pan-Ju Ra* · Yeong-Mi Seul**

Dept. of Fire Safety Management, Tong Won University

*Asia Fire Protection CO., LTD.

**Seoul Venture University

(Received January 20, 2014; Revised June 19, 2014, Accepted June 20, 2014)

요 약

고층건물화재에서는 화재층에서 피난층까지 신속한 대피가 이루어져야만 인명피해를 최소화할 수 있다. 현행 국가화재 안전기준(NSFC 301)이 정하는 적응성 있는 피난기구 중 고층건축물에 적용이 가능한 피난기구를 선정하여 현장 적응시험을 통한 11층 이상에서 적용 가능성을 분석하였다. 현장 시험결과 현재 11층 이상에서 제한하고 있는 피난기구의 문제점을 보완하여 신기술로 개발된 신개념 승강식피난기는 소방기관의 안정성 검사와 성능인증시험을 마친 제품으로 고층건축물 피난기구로 도입하여도 문제가 없다는 분석결과를 얻었다. 전력을 사용하지 않고 피난자의 체중(體重)을 이용하는 승강식피난기는 고층건축물 화재시 짧은 시간에 많은 인원의 피난이 가능한 피난기구임을 확인하였다. 특히 장애인이나 중증환자 등이 이용하는 건물에서 이용자 특성을 고려한 피난기구로는 무동력으로 작동되는 승강식피난기가 맞춤형 피난기구로 적응성이 있음을 확인하였다.

ABSTRACT

The fast evacuation from fire floors to evacuation floors in high-rise building fires can minimize the human damage. In this study, an evacuation instrument, which are applicable to the high-rise buildings of adaptable escape mechanisms by the current NFSC 301 (national fire safety code 301), were selected to analyze the applicability in the high-rise buildings over 11th floor through the site adaptability test. The results of the site test were as follows. The elevator type evacuation instrument of new concept developed as a new technology by compensating the defect of evacuation instrument limiting in the high-rise buildings over 11th floor had completed the stability test and the performance certification test in fire stations, which there were no problems in the introduction of the elevator type evacuation instrument as an escape mechanism in the high-rise buildings. The elevator type evacuation instrument using escapers' weight without using electric power was an escape mechanism that many people could evacuate in a short period of time when a fire broke out in the high-rise buildings. In particular, The elevator type evacuation instrument operated by nonpower had the adaptability as a customized escape mechanism considering user characteristics in the buildings for the disabled or patients with an advanced disease.

Keywords : Skyscraper, Evacuation space, Elevator type evacuation instrument, Coil spring, Down type ladder

1. 서 론

고도성장에 힘입어 건축물이 날로 증가하면서 최근 건물들은 다목적 기능의 복합건축물과 대규모의 고층건축물로 신축되는 추세를 보이고 있다. 현재 국내의 11층 이상

고층건축물은 2012년 기준 4,530동에 달하고 있으며, 이중 57.7%인 2,613동이 공동주택 및 복합건축물이다⁽¹⁾. 이렇듯 건축물의 고층화로 인하여 화재시 지상에서 직접구조를 하기는 매우 어려운 실정이다. 고층건축물의 급격한 증가에 따라 고층에서 보다 효율적인 피난대책을 마련하

[†]Corresponding Author, E-Mail: kcchoi@tw.ac.kr
TEL: +82-31-760-0361, FAX: +82-31-763-8549

ISSN: 1738-7167
DOI: <http://dx.doi.org/10.7731/KIFSE.2014.28.3.010>

기 위해서 기존의 화재안전기준에서 규정하고 있는 여러 피난기구의 효용성에 대하여 의문을 갖게 한다. 즉, 건축물에서 화재가 발생한 경우 신속한 대피 여부는 생명과 직결되는 문제로 피난을 못하여 사망하거나 탈출하는 과정에서 부상자가 발생하는 등 매년 적지 않은 인명피해가 속출하고 있다. 안전한 피난은 계단을 통하여 피난층으로 탈출하는 것이 가장 바람직하나 불가피하게 화재 확산에 의해 출구가 막히거나 연돌현상으로 계단을 이용할 수 없는 경우 피난기구를 이용한 비상탈출을 할 수 있어야 한다⁽²⁾. 화재 등 비상재해 시 사용할 수 있는 피난기구로는 완강기나 구조대와 같은 다양한 종류의 피난기구가 있다. 이러한 피난기구들은 구조 및 여건상 신체활동이 부자연스런 재해취약 계층에 있어서는 사용할 수도 없을 뿐만 아니라 위급한 비상상황에서 사용 준비에 많은 시간이 소요되고 흔들림에 의한 충돌, 추락 등 위험요소나 불확실 요인 등으로 소방관련법은 10층 이하만 사용토록 하고 11층 이상은 설치를 제한하고 있다. 따라서 11층 이상의 모든 건축물은 사실상 피난기구가 없는 재난안전의 사각지대로 남아있는 상태이다. 최근 3년 동안 발생한 화재로 인한 사망자를 분석한 자료에서는 건축물 내 화재시 탈출을 시도하였으나 실패하여 피난의 기회를 상실한 경우가 21%를 나타내 피난의 중요성을 보여주고 있다. 피난계획이 명확하고 간단하여 누구나 쉽게 확실한 피난을 할 수 있었다면 21%의 사망자를 막을 수 있었다는 분석이다. 또한 신체 또는 정신장애로 피난할 수 없거나 피난이 지체되는 경우가 12%를 차지하였다^(3,4). 이 부분은 장애인이나 중증환자와 같이 자력 피난이 어려운 신체 불편자들로 이용자 특성에 맞는 피난기구의 설치 중요성을 보여주고 있다. 특히, 고층건축물에서 급속히 확산되는 연기는 피난 중 사망사고의 원인이 되기도 한다. 피난계획 수립 시 계단을 통한 피난이 최선만은 아니라는 증거이기도 하다. 최근 건축설비기술의 발달로 다양한 피난설비가 개발되고 있지만 11층 이상의 고층건축물에서는 피난기구의 안전성 문제로 법적으로 사용을 제한하고 있다. 따라서 본 연구는 이러한 고층건축물의 피난한계를 보완하여 신기술을 적용한 승강식피난기의 특징을 분석하고 각종 현장체험을 통하여 11층 이상의 고층건축물 피난설비로 적용할 수 있는가를 분석하여 고층건축물에서의 피난기구 도입 필요성을 연구하였다.

2. 고층건축물의 실태조사

2.1 고층건축물 현황

고층건축물은 건축법 시행령 제2조에 의해 50층 이상이거나 높이가 200 m 이상인 경우로 규정하고 있다. 우리와 비슷한 여건을 갖는 일본도 같은 조건으로 규정하고, 미국은 층수나 높이와 관계없이 건축물의 용적률이 그 지역의 평균에 비하여 상대적으로 높거나 수직이동을 위한 기계적인 설비를 사용하거나 일상적인 저층건축물과는 다른

공법과 기술이 요구되는 건축물의 경우를 고층건축물로 규정한다. 우리나라 고층건축물로는 2003년 서울에 세워진 69층의 타워팰리스 G동(263 m), 하이페리온 타워(256 m), 1998년 건축된 60층의 63빌딩(249 m), 1988년에 건축된 55층(228 m)의 무역센터 건물 등이 있으며 2012년부터 공사가 시작된 서울 잠실 롯데월드타워의 123층 건물(522 m)이 공사 중이다⁽⁵⁾.

2.2 고층건축물의 화재위험성

2.2.1 피난의 곤란성

건축법은 모든 건물에서 양방향 피난로를 갖추도록 규정하고 있으나 오로지 수직통로만을 통하여 피난층으로 갈 수 있어 문제점으로 지적되고 있다. 계단을 통한 피난 공간으로의 연기유입과 많은 피난인파에 따른 압사에 의한 희생자가 발생한 미국의 WTC 빌딩화재가 큰 교훈으로 남았다. 고층은 건물의 높이, 외부공기 차단도, 건물내부와 외부 온도차 등에 의하여 연돌효과(Stack Effect)가 발생하여 연기의 빠른 상승을 가져와 피난시간이 더욱 짧아지게 된다. 고층건물의 내부는 벽, 천장, 바닥, 칸막이 등의 건축재와 내부비품으로 설치되는 가구류, 서적류, 의류 등의 가연물이 많은 곳으로 화재하중도 일반건물보다 훨씬 크다. 화재하중이 큰 건물내부에서는 복사열이 상대적으로 커지기 때문에 피난시간은 더욱 줄어들게 된다. 고층건축물에서는 화재시 굴뚝역할을 해주는 파이프, 전선, 공조덕트와 같은 여러 종류의 수직통로가 설치되어 있어 화재시 화염이나 연기확산이 더욱 빨라진다. 이러한 고층건물의 화재특성은 피난시간의 단축으로 이어져 화재시 큰 인명피해를 가져오는 원인으로 작용한다.

2.2.2 구조적 특성

고층건축물의 용도는 아파트와 같은 주거용이거나 상업용을 겸한 주상복합 형태의 건축물이 대부분이다. 이러한 건축물은 칸막이를 통한 내력벽 구성을 위해 중앙에 복도를 두는 형태로 양끝에는 막다른 복도(Dead end)가 생기기 쉬운 구조이다. 막다른 복도의 생성은 화재시 피난을 지연시키거나 한쪽이 막힌 경우 피난로를 확보하지 못하는 경우가 생긴다. 또한 최근 늘어나는 주상복합 건물이나 업무용 건물은 외벽을 유리로 마감하거나 많은 창을 만들어 외벽을 꾸미는 형태가 많고, 문은 자동잠금장치를 설치하여 화재진압의 곤란성과 피난에 어려움을 가져오게 한다. 피난을 위한 직통계단이나 특별피난계단이 관련법에 의해 설치되고 있으나 계단실의 방화문이 열려있는 상태로 관리하는 경우가 많아 화재시 안전성을 확보할 수 없다. 승강기나 비상용승강기를 통한 피난의 경우도 소방전원이 끊어지면 사용할 수 없기 때문에 고층에서의 피난도 계단을 이용할 수밖에 없다.

2.2.3 방화안전상 특성

고층건축물 화재는 건축물 외부에서 소화하거나 인명을

구조하기 어려운 구조로 화재확산이나 피난로 확보와 같은 소방의 기본적인 대응활동이 어려운 건축적 구조를 갖는다. 건물 내부구조는 일반건축물에 비해 화재하중이 높아 고온의 화재열량은 피난공간을 축소시키는 현상으로 나타난다. 연소확대가 빨리 일어나는 특성과 함께 플래시오버 현상과 Draft 효과, 연돌효과와 같은 특이한 연소현상으로 화재진압의 어려움과 피난의 곤란성 등 방화관리상의 문제점이 많다. 또한 주상복합으로 건축된 고층건물은 저층부에 백화점과 다중이용업소가 입주하는 경우로 인화성이 높은 물건들이 많아 화재확산이 빨리 진행되는 원인으로 작용한다. 하나의 건물에 다수의 안전관리주체가 공동으로 사용하고 있어 보다 효율적인 화재안전관리가 소홀해지는 경향도 일반건축물의 경우보다 높다.

2.3 고층건축물의 피난시설

2.3.1 현행법상 피난기준

중간대피층(피난안전구역)은 「건축법 시행령」의 규정으로 고층건축물에는 피난층 또는 지상으로 통하는 직통계단과 직접 연결되는 피난안전구역을 설치토록 하고 있다. 이에 대한 상세한 설치기준은 「건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙」에서 정하고 있다. 옥상의 경우도 「건축법 시행령」에서 5층 이상 층의 문화 및 집회 시설에는 옥상광장 등을 설치하여 피난 용도로 사용토록 하고 있다. 또한 피난은 「소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법」에서 곧바로 지상으로 갈 수 있는 출입구가 있는 층으로 정의하고 있다.

2.3.2 중간대피층의 기능과 문제점

고층건축물에 설치되는 중간대피층은 화재시 화재안전구역으로 피난자의 일시 대기공간, 화재진압개시지점, 대피활동의 지휘소, 재해약자 대기장소, 자체 방화설비를 이용한 화재확산 방지 등을 목적으로 설치토록 하고 있다. 문제점으로 건물의 바닥면적, 높이, 용도 등에 따라 중간

대피층의 설치기준이 결정되어야 한다. 그러나 현재 관련 법은 고층의 경우 30층마다 설치하고, 50층 미만 준초고층은 중간층에 설치토록 하고 있다. 현 규정이 건물의 층수와 바닥 면적을 고려하지 않고 모든 고층건축물에 대하여 일률적으로 설치토록 하고 있다. 이러한 일률적 기준으로는 고층건물 내 재실자들의 피난안전 확보가 어렵다. 건축물 면적과 용도 등을 고려하여 신속한 피난이 가능한 구조로 중간대피층이 설치되어야 한다^(6,7).

2.3.3 외국 중간대피층

중국은 100 m를 초과하는 공공건축물에 대해서는 15개 층마다 대피층을 설치토록 하고 있다. 홍콩은 25층을 초과하는 모든 건축물에서 아래층으로 대피할 때, 20층에서 25개 층 사이의 간격마다 대피층을 설치하도록 규정하고 있다⁽⁵⁾. 국가별로 규정하고 있는 중간대피층에 관한 규정은 Table 1과 같다.

2.4 관계법규

2.4.1 건축 및 소방관련법

건축법은 고층건물의 피난 및 안전관리규정을 시행령으로 규정하여 피난안전구역을 설치하거나 대피공간을 확보한 계단을 설치토록 하고 있다. 건축법은 직통계단과 직접 연결되는 피난안전구역을 지상층으로 부터 최대 30개 층마다 설치토록 하고 있다. 건축법이 규정한 고층건물 안전 관련 법령은 대피공간설치, 직통계단설치, 옥상광장설치, 대지 내 소화통로 설치, 거실의 채광설비, 방화구획 설정 등으로 상세 내용은 Table 2와 같다.

소방관련법으로 고층 및 지하연계 복합건축물 관련법은 고층건물의 초기설계부터 재난예방 대비체계를 구축토록 하여 종합방재실 및 피난안전구역의 설치 등을 심의하는 ‘사전재난영향성검토협의’ 제도를 규정하고 있다. 건물규모 · 용도 및 수용인원 등을 고려하여 소방시설 설치 의무화와 아파트를 제외한 11층 이상 건물에 실내장

Table 1. Foreign and Domestic Rules of Middle Evacuation Floor

Nation	Foreign and Domestic Rules of Middle Evacuation Floor
Korea	Installation of Middle Evacuation Floor Every 30 Floors in Buildings over 50th Floor and over 200 Meters
China	Installation of Middle Evacuation Floor Every 15 Floors in Public Buildings over 100 m (The minimum area standard of evacuation floors should be 5 Persons/m ² . And the evacuation stairs of upper part and lower part should be separated on evacuation floor basis.)
Hong Kong	Installation of Middle Evacuation Floor between 20th Floor and 25 Floor in All Buildings over 25th Floor
America	Definition of Middle Evacuation Floor as Space of Fire Prevention Equipments and Compartments, of more than 2 Evacuation Routes, or of Spare Time for Evacuation through Separation from Fire and Approach to Safety Zone in Buildings in Life Safety Code 101 of NFPA (National Fire Protection Association) (The ADA (Americans with Disabilities Act) makes temporary evacuation space compulsory for no certain fire fighting equipments)
Canada	Utilization of Existing Building Space without Rules of Evacuation Floor or Separate Space Security Not to Lay Burden on Landlord (Approval of Elevator Lobby, Stair Landing, High-Rise Building Bridge and Apartment Balcony as Evacuation Space)

Table 2. Safety Rules by Building Act

Building Act	Main Rules
Evacuation and Safety Management in High-Rise Building (Paragraph 2 of Article 50 of Building Act)	<ul style="list-style-type: none"> • Installation of Evacuation Safety District, Installation of Stairs for Security of Evacuation Space • Strengthening of Structural Resistance, Evacuation Facilities and Use Restrictions, Fire-Resisting Construction, Firewall, and Lift Standards for Fire Prevention and Damage Reduction
Installation of Direct Stair (Article 34 of Building Act Enforcement Ordinance)	<ul style="list-style-type: none"> • Under 30 Meters Walking Distance from Some Floor Other Than Evacuation floor to Direct Stair Passing through Ground (50 Meters in the Use of Incombustible Materials, 40 Meters in Houses over 16th Floor, 75 Meters in Factories with Automatic Fire Fighting Equipments, 100 Meters in Unmanned Factories) • Installation of Evacuation Safety District Directly Connected with Direct Stair Passing through Evacuation Floor or Ground Every 30 Floors
Installation of Rooftop Square (Article 40 of Building Act Enforcement Ordinance)	<ul style="list-style-type: none"> • Installation of Rooftop Square, Installation of Guardrail over 1.2 Meters Balcony to Floors over Second Floor • Installation of Rooftop Square for Evacuation to Cultural Rally, Religion, Sales and Amusement Facilities over 5th Floor • Security of Rooftop Space over 10,000 Square Meters Floor Area in Buildings over 11th Floor(Installation of Heliport for Flat Roof and Evacuation Space for Pitched Roof)
Installation of Passage for Evacuation and Fire Fighting in Building (Article 41 of Building Act Enforcement Ordinance)	<ul style="list-style-type: none"> • Installation of Exits, Evacuation Stairs and Special Evacuation Stairs in Building (Over 0.9 Meters Width and 500 Meters Floor Area in Detached House, Over 3 Meters Culture, Rally, Religion, Medicine and Amusement Facilities) • Installation of Accessible Passage of Fire Engines in Multiple Use Buildings over 11th Floor
Installation of Light Shaft (Article 51 of Building Act Enforcement Ordinance)	<ul style="list-style-type: none"> • Installation of Window Equipments for Daylight and Ventilation • Installation of Smoke Exhaustion Equipment to Living rooms in Building over 6th Floor • Installation of Safety Equipments for Fall Prevention When Installing Window under 1.2 Meters from Living Room Floor • Designation and Sign of Places of Firefighters' Entry to Building under 11th Floor
Installation of Fire Compartments (Article 46 of Building Act Enforcement Ordinance)	<ul style="list-style-type: none"> • Buildings by Fire-Resisting Construction of Main Structural Parts or Buildings over 1,000 Square Meters Gross Area Constructed by Incombustible Materials
Installation of Elevator for Emergency (Article 90 of Building Act Enforcement Ordinance)	<ul style="list-style-type: none"> • Buildings over 31 Meters

식물 방염성능기준 이상의 것으로 설치토록 규정하고 있다. 또한 스프링클러가 설치된 연면적 5천 m² 이상인 건물은 연2회 정기적으로 자체점검을 실시하고, 11층 이상의 건물에는 특급과 1급 소방안전관리자를 배치토록 하고 있다. 화재발생시 조기경보를 울리는 자동화재탐지설비, 초기소화를 위한 자동소화설비로 스프링클러설비나 물분무설비 등의 자동설비를 설치토록 하고 있다. 기타 설비로 방화구역내의 거주자가 피난하는데 사용할 수 있는 피난설비 및 특수화재를 진압할 수 있는 가스계소화설비와 같은 다양한 소화시설을 갖추도록 하고 있다. 소방관련법이 규정한 고층건축물에 설치하는 소화설비는 Table 3과 같다.

2.4.2 국외 고층건물 관련법

고층건축물에 적용되는 피난 및 안전관리기준은 각국의 문화 및 관습의 차이나 경제규모에 따라 기준이나 적용실태 등이 다양하다. 중국의 기준은 높이 100m를 초과하는 경우, 매 15층마다 최소한 0.2 m²/person의 면적을 갖는 중간 피난구역을 설치하고 있다. 병원, 호텔, 기타 등 시설을 중심으로 보행거리를 구분하고 있으며, 거실에서 방문까지의 거리가 15m를 초과할 수 없도록 규정한다. 일본의 보행거리기준은 상업, 집회시설 14층 이하 30m, 15층 이상 20m이고, 기타 14층 이하 50m, 15층 이상 40m이며, 천정, 벽의 내장을 불연재 또는 준불연재 이상 시 10m의 완화규정을 둔다. 그리고 직통계단부터의 길이가 10m를 초

Table 3. Installation of Fire Fighting Equipments by Fire Services Act

Classification	Equipment to Install
Fire Fighting Equipments	<ul style="list-style-type: none"> • Installation of Fire Extinguisher by Compartment Room • Installation of Indoor Fire Hydrant Equipment for Gross Area over 1,500 Square Meters • Installation of Sprinkler Equipment for Gross Area over 5,000 Square Meters • Installation of Water Spray Equipment for Floor Area of Parking Lot over 200 Square Meters
Alarm Equipments	<ul style="list-style-type: none"> • Installation of Alarm Equipment for Gross Area over 400 Square Meters • Installation of Automatic Fire Detection Equipment for Gross Area over 600 Square Meters
Evacuation Equipments	<ul style="list-style-type: none"> • Installation of Life Saving Equipment for Tourist Hotels over 7th Floor and Hospitals over 5th Floor • Installation of Air Respirator and Emergency Light for Floors over 5th Floor and for Gross Area over 3,000 Square Meters • Installation of Portable Emergency Light for Multiple Use Businesses • Installation of Evacuation Equipment (Exemption from Evacuation Floor, First Floor and Second Floor above Ground, and Floors over 11th Floor)
Water Equipments for Fire Fighting	<ul style="list-style-type: none"> • Water Equipments for Fire Fighting of Water Supply Facilities (Gross Area over 5,000 Square Meters), Other Water Tank Facilities
Fire Fighting Activity Equipments	<ul style="list-style-type: none"> • Smoke Control System and Fire Department Connection Equipment for Gross Area over 6,000 Square Meters of over 5th Floor • Sprinkler System with Hose Connection for Basement over 150 Square Meters • Emergency Power Outlet for Fire Extinguishing, Auxiliary Radio communication System
Evacuation and Fire Prevention Facilities	<ul style="list-style-type: none"> • Installation of Special Evacuation Stairs for Apartments over 11th Floor and third basement, and for apartments over 16th floor • Installation of Heliport for Floors over 11th Floor, and for Floor Area over 10,000 Square Meters • Installation of Emergency Elevator for Buildings over 31 Meters

과하는 복도, 그 외의 복도를 막다른 형태로 하지 않도록 막다른 복도에 대한 규정을 두고 있다. 미국은 NFPA 101 (Life Safety Code)과 UBC(Uniform Building Code) 등에 따라 화재안전기준으로 설계한다. NFPA 101은 미국의 연방정부건축물에서 이 기준을 적용하고 있으며, 연방정부를 제외한 모든 건축물은 Building Code에 따라 설계한다. 미국의 기준은 막다른 복도 15 m, 보행거리 83 m로 규정한다. 피난출구는 층당 2개, 출입문과의 거리는 거실대가성거리의 1/2 등을 규정한다. 상세한 기준인 NFPA 101, UBC와 국내 건축법을 Table 4에 비교하였다⁽⁵⁾.

3. 승강식피난기

3.1 작동원리

승강식피난기의 하강과 복귀동력은 사용자의 체중에 의한 승강판 낙하운동으로 위치에너지를 코일스프링에 저장하여 피난자가 아래층에 도달한 후 코일스프링의 복원으로 상승하는 구조이다. 하강속도는 탑승자의 체중에 따라 자동으로 조정되는 기계식 왕복운동을 이용한다. 외부에서 별도의 동력공급 없이 상하운동이 이루어지고 사용자 하중에 따라 하강속도가 조절되는 안전하고 간편한 무동력 피난기구이다. 사용자 체중으로 하강시 코일스프링에 저장된 복원력은 피난자가 내리면 코일스프링에 저장된 힘에 의해 원위치로 복귀한다. 상하 왕복운동을 위한

하중은 국가화재안전기준에 의해서 20 kg 이상 하중이 작용하면 하강하고, 그 이하가 되면 복귀운동이 이루어진다. 최대 사용하중은 150 kg까지 사용할 수 있어 어린이를 동반한 2인 탑승이 가능하다. 하중에 따른 하강속도의 조절은 구동축의 정회전과 역회전의 운동토크로 속도조절장치에 의해 속도를 일정하게 유지한다. Figure 1은 승강식 피난기의 하강동력과 상승 동력의 발생과 저장 과정을 사진으로 표시한 것이다.

3.2 성능인증 기준

‘승강식피난기 성능인증 및 제품검사의 기술기준’은 승강식피난기의 안전성과 적응성을 인증하기 위한 기술기준이다. 기술기준은 탑승자 안전을 위해 안전손잡이를 승강판으로 부터 0.8 m 이상 1.5 m 이내로 설치토록 하고 있다. 또한 승강판은 탑승자가 탑승한 후 기동장치를 조작하기 전에는 하강하지 않는 구조로 되어있고, 승강판이 바닥에 닿을 때에는 충격을 줄일 수 있게 완충장치가 설치되어 있다. 승강식피난기를 설치하는 개구부 규격은 직경 60 cm로 규정한다. 승강판이 급격히 추락하는 경우 이를 방지할 수 있는 비상제어장치를 갖추도록 되어있고, 최소하중은 200 N, 최대사용하중은 1,200 N으로 되어있다. 승강판 구조는 KS D 3505를 사용하고, 가이드라인의 안전로프는 직경 4 mm 이상의 규격을 사용한다. 승강판 하강속도조절장치는 KSD 4101 사용을 의무화하였고, 하강하중은 규정

Table 4. Comparison between NFPA 101, UBC and Domestic Building Act

Item	NFPA 101	UBC	Domestic Building Act
Dead-End Hallway	Within 15 Meters When Installing SP	Within 6 Meters	No
Joint Footpath	Within 15 Meters When Installing SP		No
Walking Distance	Within 83 Meters When Installing SP	Within 60 Meters When Installing SP	<ul style="list-style-type: none"> • 30 Meters to Direct Stair (50 Meters for Fire-Resisting Construction and Incombustible Materials) • 40 Meters for Joint Houses over 16th Floor
Excavation Exits	Over 2 Exits per Floor	<ul style="list-style-type: none"> • Accommodation over 10 Persons: Over 2 Exits • 501~1,000 Persons: Over 3 Exits • Over 1,000 Persons: Over 4 Exits 	<ul style="list-style-type: none"> • Over 2 Exits for joint Houses over 4 generations per Floor and Floor Area over 300 Square Meters
Separation Distance of Door	<ul style="list-style-type: none"> • Over 1/2 of Diagonal distance in Living Room (1/3 When Installing SP) • Satisfaction of Above Condition at the Least for 2 Doors When installing over 3 Doors 		No
Door Capacity	For Horizontal Evacuation (Door, Hallway) 0.2IN/1 Person For Vertical Evacuation (Stair Hall) 0.3IN/1 Person		No
Exit from the Outside of Building	Connection of All Doors from Public Road or the Outside	<ul style="list-style-type: none"> • Connection of Excavation Stair to the Outside • Outside Space = Public Road 	Installation of Accessible Hallway of Fire Engine's Entry for All Multiple Use Buildings in Site and Buildings over 11th Floor
Special Excavation Stair	Stair Hall for Smoke Prevention	Pressurizing Ancillary Room	Special Evacuation Stair
Elevator for Emergency	No Regard as Component of Evacuation Route, but Permission as Component of Accessible Excavation Route		Buildings over 31 Meters
Heliport	No		For Floor Area over 11th Floor and over Total 10,00 Square Meters

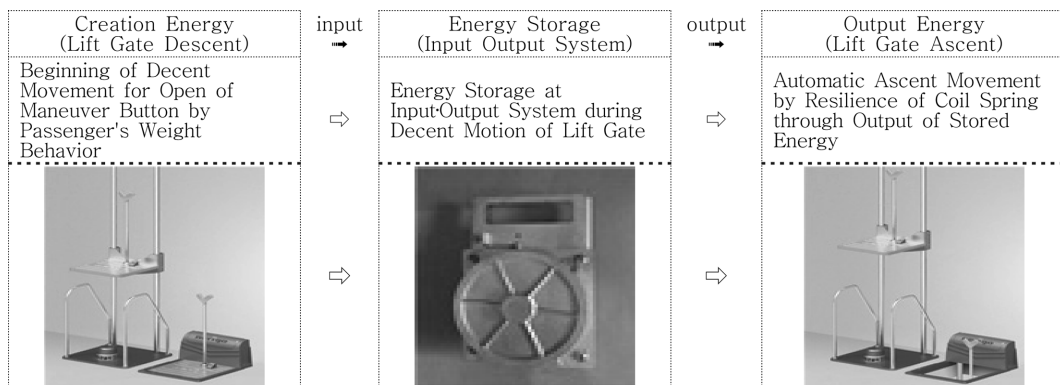


Figure 1. Structural mechanism of elevator type evacuation instrument.

용량의 2배 하중으로 5분간 가할 때 하강되지 않도록 하고 있다. 하강속도는 최대하중 “200~1,200 N” 사이에서 11 cm/s~130 cm/s 범위로 규정한다. 승강판의 상승속도는

40 cm/s 이상을 유지토록 규정한다. 반복하강속도는 최대 설치높이에서 최대사용하중을 5천회 연속하여 작용시 11 cm/s~130 cm/s 속도를 유지하여야 한다. 염수분무시험에

서 정지방치시간 16시간 이후 도장 벗김이 없어야 하고, 180도의 내열시험과 20 cm 높이 충격시험에서 이상 변화가 없어야 한다.

3.3 안전성능 시험

성능시험은 화재안전기준의 성능인증 및 제품검사 기술 기준에 따라 반복하강속도시험과 충격시험을 실시하였고, 시험결과와 데이터를 비교하여 승강식피난기의 안전성을 확인하였다.

3.3.1 반복하강속도시험

① 기준: 반복하강속도는 최대 설치높이(4.5 m)에서 최대사용하중(120 kg)을 5천회 연속하여 가할 때에 피난기구 기능상에 이상이 생기지 않고, 기술기준의 제1호(일반하강속도)에 적합하여야 한다.

② 시험일시: 2013. 12/21~12/23

③ 시험시간: 31시간 35분(12/21 18:30~12/23 02:05)

④ 시험결과: 총30시간 동안 5천회 반복시험을 실시한

결과에서 모두 성능인증기준에 적합하였으며, 이 결과를 갖고 KFI의 제품성능인증 검사를 통과하였다. Figure 2는 성능시험 진행과정이다.

3.3.2 반복하강속도시험과 충격시험시 후 하강속도

① 기준: 피난기 승강판에 최대사용하중(120 kg)을 20 cm 높이에서 떨어뜨리는 경우 승강판이 하강하거나 파손되지 아니하여야 한다. 제1항의 시험을 실시한 후 작동장치를 작동시키는 경우 피난기는 원활히 작동하여야 하며, 승강판의 하강속도는 기술기준 제6조 제1항 제1호의 기준에 적합하여야 한다. 일반하강속도는 최대 설치높이에서 최소사용하중 200 N-750 N-1,200 N 및 최대사용하중을 가할 때 하강속도는 11 cm/s 이상, 130 cm/s 미만이어야 한다.

② 시험결과: 기준이 설정한 높이에서 20 kg, 70 kg, 120 kg의 3가지 힘을 가한 후 측정된 속도시험에서 아래와 같이 모두 성능인증기준에 합격하였다. Figure 3에 중량별 낙하속도시험을 표시하였다.

Date	12/21		12/22				12/23
Time	08:43 P.M.	08:55 A.M.	01:32 P.M.	03:31 P.M.	06:40 P.M.	10:05 P.M.	02:05 A.M.
Number of Times	470Times	2,381Times	3,109Times	3,421Times	3,904Times	4,427Times	5,010Times
Picture of Repeated Descent Test							

Figure 2. Performance test of the KFI.

Classification	After Repeated Speed Test(cm/sec)						After Impact Test(cm/sec)					
	20kg		75kg		120kg		20kg		75kg		120kg	
	Descent	Ascent	Descent	Ascent	Descent	Ascent	Descent	Ascent	Descent	Ascent	Descent	Ascent
1	24.68	80.00	60.00	70.82	56.84	72.00	19.54	61.71	41.53	58.37	63.53	58.37
2	24.68	80.00	61.71	70.82	57.60	72.00	19.37	60.84	41.53	58.37	61.71	58.37
Mean	24.68	80.00	60.86	70.82	57.22	72.00	19.46	61.28	41.53	58.37	62.62	58.37
Test Data Screen												
Lift Gate Replacement Work												
◦Picture of Lift Gate and Drive System Replacement(Repeated Descent Test→Impact Test)												

Figure 3. Tested by the weight of the falling rate of KFI.

Table 5. Comparison of Characteristics by Excavation Instrument Based on NFSC (National Fire Safety Code)

Classification		Elevator Type Evacuation Instrument	Down Type Ladder
Characteristics of Recent Excavation Instruments Developed by New Technology	Application Method	Fixed Method	Storage Development Method
	Excavation Time	Before and After 6 Seconds between Floor (Descent Basis)	Before and After 13 Seconds
	Number of Used Floors	No Restriction	No Restriction
	Applicability	No User Restriction	Inability of the Old and Weak
	Instructions	One-Touch Maneuver	Hatch Openness
	Safety	Good	Shaking

Table 6. Participants' Physical Characteristics in Adaptability Test of Excavation Instruments

Sex	Item	Name	Physical Condition Tester				
			Years	Build	Height (cm)	Weight (kg)	Disabled
Male	Man-1	Man-1	15~20	Slim	150	50	No
	Man-2	Man-2	15~20	Fat	160	75	No
	Man-3	Man-3	21~30	Slim	175	70	No
	Man-4	Man-4	21~30	Fat	170	80	No
Female	Woman-1	Woman-1	15~20	Slim	150	40	No
	Woman-2	Woman-2	15~20	Fat	155	60	No
	Woman-3	Woman-3	21~30	Slim	160	55	No

3.3.3 안전성 시험결과

승강식피난기에 대한 성능시험의 결과로 반복하강속도 시험을 5천회 이상 실시하여도 아무런 이상 없이 작동하였으며, 충격과 반복하강시험에서도 하중이 20 kg인 경우 하강속도는 24.68 cm/s이고, 상승속도는 80 cm/s로 나타났다. 하중이 120 kg인 경우는 측정된 속도는 하강 57.22 cm/s, 상승 72.38 cm/s로 측정되어 성능인증 기술기준이 정하는 속도 범위내로 측정되었다. 충격시험 후 측정된 속도에서도 모두 기술기준에 적합한 속도가 특정되어 성능인증 기술기준을 통과하였다.

4. 고층건물에서의 피난기구 적응성 분석

4.1 시험대상 피난기구 선정

현재 사용되고 있는 국가화재안전기준(NFSC 301)이 정하고 있는 피난기구 중 신기술을 적용하여 최근에 개발된 승강식피난기와 내림식사다리를 선택하여 비교하였다⁽⁸⁾. 피난기구의 특성비교 결과는 승강식피난기는 고정방식으로 피난자가 승강관에 올라서면 바로 하강하는 단순한 구조로 사용법이 간단하여 누구나 쉽게 이용이 가능한 기구이었다. 내림식사다리는 수납전개방식으로 긴급 사용시 시간이 지체되는 특징을 나타내고 있다. Table 5는 시험대상인 두 종류의 피난기구를 고층건축물에 적용하는 경우의 특징을 비교한 것으로 두 피난기구 모두 사용층수에 제한 없이 사용이 가능하였다. 안전성에서 내림식이 약간 흔들

린다는 결과를 얻었고, 층간 하강속도는 승강식피난기는 6 초 전후, 내림식사다리는 13초 전후로 측정되었다.

4.2 적응성 시험

4.2.1 적응성 시험방법

(1) 시험참여자 신체조건

피난기구별 적응성 시험 참가자는 50~80 kg의 체중을 갖는 남 4명, 여 3명이 참가하였다. 시험 참가자 체중은 40~80 kg의 다양한 하중으로 시험을 실시하여 하중에 따른 속도변화를 측정하였다. 피난기구의 탑승횟수는 참가자 전원이 기구별로 5회씩 탑승하여 하강속도를 측정하여 평균값을 얻었다. 참가자에 대한 신체적 특성은 Table 6에 표시하였다.

(2) 시험횟수

피난기구의 현장 적응성을 분석하기 위하여 Table 6의 신체적 조건을 갖는 학생들이 승강식피난기는 7명의 탑승자가 각기 5회씩 탑승하여 1층(높이 3.5 m)를 내려오는 시간측정으로 피난능력을 분석하였다. 동일한 조건으로 내림식사다

Table 7. Number of Adaptability Tests

Item	Tool	Elevator Type Evacuation Instruments	Down Type Ladder
Number		5 Times	5 Times
Persons		6 Persons × 5 Times = 30	6 Persons × 5 Times = 30

리도 같은 횟수에 동일한 인원이 시험에 참석하였다. Table 7은 피난기구별 탑승횟수와 탑승인원을 표시한 것이다.

4.3 시험결과

4.3.1 피난기구별 탈출시간 비교

실험결과 Table 8과 Table 9와 같이 피난기구별로 설치 시간과 준비시간을 포함한 탈출시간을 비교하여 피난시간의 차이를 분석하였다. 이와 같은 현장시험을 통해 얻어진 결과는 다음과 같다.

① 승강식피난기와 구조가 비슷한 내림식사다리와 피난시간 비교에서 승강식피난기가 1/2 정도 짧다는 것을 확인하였다. 이는 내림식사다리가 뚜껑을 열어 사다리를 내리는데 걸리는 시간이 많이 소요되었기 때문이다. 또한 내림식사다리의 흔들림 현상이 나타나 안정성에 대한 재검토가 필요하다는 탑승자의 지적이 있었다. 반면 승강식피난기는 안전성도 높고, 신속하게 탈출할 수 있는 신뢰성을 보여 주었다.

② 피난기구는 무엇보다 안정성이 우선되어야 하며, 탑승자에게 공포감을 주어서는 안 되는 조건을 만족하여야 한다. 완강기나 구조대와 같은 피난기구들은 10층 이하의

건축물에 설치되도록 규정하고 있지만, 최근 신기술로 개발된 승강식피난기는 고층건축물에서도 현장적용성이 매우 뛰어난 제품으로 11층 이상의 피난기구로 충분한 적응성이 있음을 확인하였다. 현재는 10층 이하에 대피공간 내에 설치하도록 규정하고 있으며, 11층 이상에서도 충분한 안전성이 있으며, 장애인이나 피난조력자가 필요한 환경에서도 이용자 특성에 맞는 적응성이 있는 것으로 분석되었다⁽⁸⁾. Table 8은 탑승시험을 통한 피난능력을 측정한 결과로 탑승자의 신체적 조건에 따라 다소 차이는 있으나 승강식피난기의 경우 3.2 m 높이에서 대피시간은 6~9초로 나타났고, 내림식사다리는 11~16초로 나타났다. 이 결과는 승강식피난기의 피난능력이 다른 수직용 피난시설 보다 더 높은 피난능력을 가짐을 알 있다. 또한 소방대상물의 이용자 용도에 따른 피난기구별 피난능력 비교에서도 보호시설, 판매시설, 영유아시설, 공동주거시설 등에서 모두 승강식피난기를 이용한 피난시간이 내림식사다리 보다 낮게 나타나 피난에 대한 적응성이 있음을 확인하였다. 체험 활동으로 측정한 소방대상물의 용도별 피난시간을 Table 9에 표시하였다.

Table 8. Escape Time Measurement (s)

Escape (Height)	Per Person						
	M-1	M-2	M-3	M-4	W-1	W-2	W-3
Down Type Ladder (3.2 m)	13.0	11.4	11.2	12.0	16.5	16.0	14.4
Elevator Type Evacuation (3.2 m)	8.6	6.2	6.6	6.0	9.4	7.2	7.8

Table 9. Evacuation Apparatus Subject to Fire Evacuation Capability

Location	Classification	Escape Transport Capability by Organization (sec/persons)			
		Down Type Ladder		Elevator Type Evacuation	
		3F (9 m)	5F (15 m)	3F (9 m)	5F (15 m)
Nursing Homes	×	×	15	25	
Infants and Toddlers	×	×	15	25	
Property for Sale		120	200	15	25
Low-rise Accommodation		120	200	15	25
Low-rise Public Housing		120	200	15	25

※ ①× : Not available ②Adult (76 kg), Children (20 kg).

Table 10. Adaptability Analysis of Escape Organization

Application	Classification	New Development Escape Organization		
		Elevator Type Evacuation	Majority Escape Equipment	Down Type Ladder
Nursing Homes		○	○	○
Infants and Toddlers		○	△	×
Property for Sale		○	△	×
Low-rise Accommodation		○	○	○
Low-rise Public Housing		○	○	○

※ Fitness (○), Not Suitable (×), Considering the Suitable, Environment (△).

4.3.2 이용자 특성별 적응성

피난설비는 그 시설물에서 거주하거나 사용하는 이용자들의 특성이나 유형을 고려하여 맞춤형 피난설비를 규정하는 것이 바람직하다. 현재 국가화재안전기준이 정하는 성능인증을 통과한 피난기구의 적응성 시험을 통해 성능인증을 받은 승강식피난기는 모든 소방대상물에 적응성이 높고, 장애인시설이나 사회복지시설과 같이 피난 도우미가 필요한 경우에도 적응성을 갖는다는 결과를 얻었다. Table 10은 건축물 용도별로 적응성을 평가한 것으로 승강식피난기는 모든 소방대상물의 저층이나 고층에 적용이 가능한 적응성을 보였다. 현재 장애인 시설이나 노인요양시설 등에 설치되는 구조대가 적응성이 떨어진다는 지적이 많다. 이러한 이용시설에 승강식피난기는 사회복지시설용으로 활용이 가능한 피난기구이다⁽⁹⁾.

5. 결 론

건축물 화재에서는 피난의 어려움으로 치명적인 인명피해가 발생하기 때문에 대피공간, 제연설비, 완강기 등 각종 피난수단이 마련되어 있으나 실제 화재시 도움이 되지 못하는 경우가 많다. 고층건축물에서의 피난은 우선 화재층을 벗어나 안전지대로 피난하는 것이 우선이다. 화재로 인한 정전이나 연기로 인해 승강기나 피난계단을 이용할 수 없는 경우 화재층을 벗어나는데 가장 이상적인 수직이동 피난기구가 승강식피난기이다. 화재현장 인명안전을 위해 개발된 신개념 피난기구의 도입 필요성에 대하여 다음 같이 제안하였다.

(1) 승강식피난기는 외부 전원을 사용하지 않는 고정설비로 사무용 건물이나 공동주택에서 가장 안전한 방법으로 피난자가 승강판에 올라서면 아래층으로 하강하는 구조의 피난기구이다. 현장 체험을 통해 얻어진 결과로 사용자가 별도의 설치나 사전훈련을 받지 않아도 탑승만으로 안전하게 한 층씩 하강하는 국가화재안전기준에서 정한 검증된 피난기구로 11층 이상에 적용되어도 문제점이 없는 피난기구로 분석되었다.

(2) 승강식피난기의 피난능력은 3 m 정도의 한 층을 내려오는데 5초 전후가 소요되고, 연속적으로 사용이 가능한 수직이동용 피난기구로 건물 막다른 복도에 설치하는 피난기구이다. 현 소방관련 규정은 11층 이상에서는 피난기구의 안전성을 이유로 피난기구 설치가 제외되어 있으나 최근 신기술을 적용한 피난기 중 그 적응성이 입증된 피난기구는 화재현장을 빨리 벗어나고자 하는 피난자의 심리적인 안정을 위해 고층건축물에 적용하여도 충분한 피난능력이 있는 것으로 분석되었다.

(3) 승강식피난기는 바닥에 설치되어 층간 방화구획을 깨뜨린다는 지적을 받고 있으나, 이러한 문제점은 각 층에 피난안전구역설치를 설치하고, 안전구역내에 승강식피난기를 설치하도록 하는 현 국가화재안전기준으로 충분히 보안을

할 수 있어 도입에 문제가 없을 것으로 조사되었다.

(4) 사회복지시설이나 장애인 시설과 같은 피난보조자가 필요한 용도에서의 사용을 위해서는 현재의 승강식피난기가 갖는 성능기준을 더욱 확대하여 피난기구의 크기를 휠체어가 탑승할 수 있는 크기로 확대하는 관련기준의 보완이 필요하다.

최근에 신기술을 도입한 새로운 피난기구의 개발은 화재현장에서 피난의 어려움으로 발생하는 인명피해를 최소화 할 수 있는 신 개념 피난기구들로 그 안전성과 적응성이 검증된 피난기구인 경우는 건축물의 모든 층에서 적용될 수 있도록 관련법의 개정이 시급하다.

References

1. National Emergency Management, "Statistical Data on Fire Investigation in Protection Investigation Department", National Emergency Management (2013).
2. W. H. Kim, J. S. Kim, R. W. Bukowski and B. B. Choi, "Applications of Elevators for Egress in High-rise Buildings", Proceedings of 2012 Spring Annual Conference, Korean Institute of Fire Science & Engineering, pp. 62-65 (2012).
3. S. H. Min, J. C. Sa, Y. J. Jang, J. M. Lee and J. O. Nam, "A Study on the Development of Evacuation Equipments for Units in High-rise Apartment", Proceedings of 2011 Autumn Annual Conference, Korean Institute of Fire Science & Engineering, pp. 183-186 (2011).
4. T. H. Kim, "A Study for Introduction Plan of Evacuation Exit Ladder in Apartment", Proceedings of 2008 Autumn Annual Conference, Korean Institute of Fire Science & Engineering, pp. 11-16 (2008).
5. M. H. Back, "The Study about the Skyscraper's Fire Fighting Plan of the Performance-based Design", Proceedings of 2007 Spring Annual Conference, Korean Institute of Fire Science & Engineering, pp. 101-106 (2007).
6. Paragraph 2,3 of Article 34 (Installation of Direct Stairs) of the 'Building Act' Enforcement Ordinance, Paragraph 2 of Article 8 of Rules for Building Evacuation·Fire Prevention and Rescue Code.
7. J. P. Choi, B. J. Kang, Y. S. Park and Y. J. Lee, "Schematic Development of 'Refuge Floors' and 'Areas of Refuge' for High-Rise Buildings", The Architectural Institute of Korea, Vol. 21, No. 11, pp. 147-154 (2005).
8. K. C. Choi, "Based on the Characteristics of the user Facility Improvements Eevacuation", NEMA Report (2013).
9. K. C. Choi, "A Study on Fire Safety Management of Social Welfare Facilities", Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 27, No. 1, pp. 1-7 (2008).