피난기구 개발의 현장 적응성을 위한 시뮬레이션 연구

A Simulation Study for the Field Adaptability of Evacuation Device Development

박은석* · 이재문** · 한종우*** · 민세홍****

Park, Eunseok*, Lee, Jaemoon**, Han, Jongwoo***, and Min, Sehong****

Abstract

Due to an increase in economic development, populations have concentrated around cities, and complex buildings, apartments, and multi-use premises with multiple functions have increased in number. As many more people now live in apartments and multi-use premises, it is more difficult to evacuate these buildings using existing evacuation methods such as rescue crews, descending lifelines, multiple people evacuation devices, and elevation type evacuators. Subsequently, many more safety accidents are occurring. In order to solve this problem, a balcony evacuation device enabling successive evacuation has been developed. This paper examines the adaptability of the evacuation device by developing factor values through a comparative analysis of the deployment time of the balcony evacuation device and the evacuation speed of steps and ladders during KICT's site experiment and an evacuation simulation, and by applying the evacuation simulation to previously set scenarios. Furthermore, it is possible to apply this measurement to apartments, multi-use premises, and complex buildings that are faced with the problem of bidirectional simultaneous evacuation of many people.

Key words : Evacuation, Evacuation Device, Factor, Evacuation Simulation

요 지

경제 발전과 함께 도시로의 인구 밀집이 증가하면서 다목적 기능의 복합건축물, 공동주택, 다중이용업소가 증가하는 추세이다. 공동주택 및 다중이용업소의 경우, 다수의 재실자가 있어 구조대, 완강기, 다수인피난장치, 승강식피난기 등 기존 피난기구를 활용하여 피난하기에 어려움이 있고 많은 안전사고가 발생하고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 다수의 피난인원이 연속적인 피난을 할 수 있는 발코니 피난기구를 적용하고자 한다. 본 논문에서는 한국건설기술연구원의 현장실험과 피난시뮬레이션 과정 중 발코니 피난기구의 전개시간 및 계단, 사다리에서의 피난 속도를 비교 분석하여 인자값을 확보하고 설정된 시나리오를 피난시뮬레이션에 적용하여 피난기구의 적응성을 확인하고자 한다. 또한, 이것을 통해 다수인의 양방향 피난의 문제점을 내포하고 있는 공동주택, 다중이용업소, 복합건축물에 대한 대책 마련을 할 수 있다고 판단된다.

핵심용어 : 피난, 피난기구, 인자값, 피난시뮬레이션

1. 서 론

산업화가 급속도로 발전하면서 건축물은 날로 증가하고 최근 건물들은 다목적 기능의 복합건축물과 대규모의 고층

건축물이 신축되는 추세이다.

MOLIT (2016)에 의하면 국내 고층건축물(30층, 120 m 이상)은 2016년 기준 123,737동에 달하고 있으며, 이 중 65.1%인 80,553동이 공동주택 및 복합건축물이다. 이렇듯

*정회원, 가천대학교 공과대학 설비·소방공학과 연구원(E-mail: piskpask@naver.com)

Member, Researcher, Department of Fire & Disaster Protection Engineering, Gachon University

**정회원, 가천대학교 공과대학 설비·소방공학과 연구원(E-mail: dddcom@hanmail.net)

Member, Researcher, Department of Fire & Disaster Protection Engineering, Gachon University

***정회원, 숭실대학교 대학원 기업재난관리학과 박사과정(E-mail: gsworldhan@daum.net)

Member, Ph.D Candidate, Department of Business Continuity Management, Soongsil University

****교신저자, 정회원, 가천대학교 공과대학 설비·소방공학과 교수(Tel: +82-31-750-8746, Fax: +82-31-750-8749, E-mail: shmin@gachon.ac.kr)

Corresponding Author, Member, Professor, Department of Fire & Disaster Protection Engineering, Gachon University

건축물의 고층화로 인하여 화재시 지상에서 직접 구조를 하기는 매우 어려운 실정이다.

특히, 건축물에서 화재가 발생했을 때 신속한 대피 여부는 생명과 직결되는 문제로 피난을 못하여 사망하거나 탈출하는 과정에서 부상자가 발생하는 등 매년 적지 않은 인명피해가 속출하고 있다. 대표적인 예로 2013년 부산 북구의 아파트 화재와 2016년 서울 도봉구의 화재사레처럼 화재 발생 초기에 피난할 수 있는 시간이 지연되어 출구로 피난할 수 없는 상황이 발생하고 대피할 공간이 없어 사상자가 발생하는 사고가 빈번히 발생하고 있다.

안전한 피난은 계단을 통하여 피난층으로 탈출하는 것이 가장 바람직하나 불가피하게 화재 확산으로 출구가 막히거나, 굴뚝현상으로 계단을 이용할 수 없는 경우 피난기구를 이용한 비상탈출을 할 수 있어야 한다. 그러나 이러한 피난기구는 대부분 지상 10층 이하에서만 사용할 수 있으며 사용자들이 연속해서 사용할 수 없는 구조로 되어 있어 자력 피난에 많은 지장을 준다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여 개발된 피난기구가 발코니 피난기구이다. 이 시설은 고층건축물 화재에서는 화재 층에서 피난층까지 신속한 대피가 이루어져야만 인명피해를 최소화할 수 있으며, 현행 피난기구로는 사용할 수 없는 고층건축물에도 적용이 가능하다.

발코니 피난기구에 적용한 피난 상황을 분석하기 위해서는 건축물의 형태 및 재실자의 특성을 파악하고 다양한 시나리오를 적용하여야 하며, 이를 실제 실험을 통해 확인하기 위해서는 수행횟수 및 시간이 많이 소요되어서 수행하는 데는 한계가 있으므로 시뮬레이션을 통한 검증이 필요하다.

이에 본 연구의 목적은 건축물에서 발코니 피난기구를 이용하여 비상 대피하는 상황을 피난시뮬레이션으로 해석하고, 그 결과를 분석하여 인자값을 추출하고 현장실험을 하기 어려운 장소에 대하여 시뮬레이션 인자값을 적용하여 분석하고자 한다.

2. 화재 통계 및 피난안전사고 사례 분석

2.1 화재통계 분석

소방청 국가화재정보센터 NFDS (2017)에 기재된 자료를 기반으로 지난 10년간(2008~2017년까지) 화재발생건수를 분석한 결과, 전체 화재발생 417,284건 중에서 공동주택 40,782건, 다중이용업소 5,702건으로 화재발생 건수가 지속적으로 증가하고 있다.

공동주택은 최근 주거의 50% 이상을 점유하는 주거의 대표적 유형으로 화재안전의 중요성이 크다. 타 용도의 건축물에 비해 상대적으로 인명손실이 높으며 공동주택의 수적 증가에 따라 공동주택 화재도 증가 추세에 있다.

다중이용업소라 함은 불특정 다수인이 이용하는 영업

중 화재 등 재난발생시 생명, 신체, 재산상의 피해가 발생할 우려가 높은 것으로 대통령령이 정하는 영업으로 최근 지속적으로 등장하고 있다.

이러한 다중이용업소는 영업 성격상 폐쇄적인 공간과 복잡한 내부 구조이며, 화재발생시 실내 가연성 장식물로 인하여 연소확대 우려가 높고 다량의 유독가스가 발생하므로 피난에 많은 지장을 초래하고 일반 건축물 화재와 달리 인명 및 재산피해가 크게 발생하고 있다.

최근 10년간 공동주택 및 다중이용업소의 화재발생 변화 추이는 Tables 1, 2와 같다.

Table 1. Changes in Fire Occurrence in Apartment Houses in Recent 10 Years

Year	Total fire			Apartment houses		
	Number of fire	Human injury		Number of fire	Human injury	
		Injured	Dead		Injured	Dead
2008	49,632	2,248	468	4,737	413	64
2009	47,318	2,032	409	4,278	343	63
2010	41,862	1,587	304	3,866	319	59
2011	43,875	1,598	263	3,942	309	65
2012	43,249	1,955	267	4,027	418	45
2013	40,932	1,877	307	4,155	462	60
2014	42,135	1,856	325	4,233	343	57
2015	44,435	1,840	253	4,804	495	48
2016	43,413	1,718	306	4,907	329	53
2017	20,433	761	134	1,833	141	29
Sum	417,284	17,472	3,036	40,782	3,572	543

Table 2. Changes in Fire Occurrence in Multi-use Premises with Multiple Functions in Recent 10 Years

Year	Total fire			Multiplex available premises with multiple functions		
	Number of fire	Human injury		Number of fire	Human injury	
		Injured	Dead		Injured	Dead
2008	49,632	2,248	468	595	76	13
2009	47,318	2,032	409	542	32	11
2010	41,862	1,587	304	658	31	0
2011	43,875	1,598	263	690	22	2
2012	43,249	1,955	267	504	56	11
2013	40,932	1,877	307	599	42	5
2014	42,135	1,856	325	586	25	2
2015	44,435	1,840	253	552	33	2
2016	43,413	1,718	306	794	63	6
2017	20,433	761	134	182	4	0
Sum	417,284	17,472	3,036	5,702	384	52

2015년도 공동주택 화재로 인한 사상자 543명 중 주거장소 화재시 인명피해 원인별 현황을 살펴보면 연기(화염)로 피난불가 69%로 가장 높고, 출구 잠김으로 인한 사망 원인은 23%로 대부분 화재가 발생하여 피난하는 상황에서 일어나는 사망 원인 유형을 보았을 때 양방향 피난의 필요성이 더욱 부각 된다. 2015년 주거장소 화재시 인명피해 원인별 현황은 Table 3과 같다.

Table 3. Status of Fire Damage in Residential Area in 2015

Type of cause of injury	Casualty		Sum	Percent
	Injured	Dead		
Exit locked	24	36	60	23%
Exit obstacle	1	6	7	3%
Exit Location Unknown	4	5	9	3%
Fire (flame) can not be evacuated	47	134	181	69%
Exit congestion	0	3	3	1%
Security window (door)	2	1	3	1%
Sum	78	185	263	100%

2.2 피난기구 안전사고 사례

지난 2004년 5월 경주경찰서에 따르면 경주시 성건동 A노래연습장 2층 비상계단 난간에서 A씨가 3 m 아래 1층 바닥으로 떨어져 숨졌다. 이에 앞서 지난 2월 광주의 모 노래방에서도 B씨가 화장실에 가려다 계단이 없는 비상구 문을 열고 나가면서 2층에서 떨어져 숨졌다. 또한, 2016년 6월 부산에서는 노래방에서 C씨가 화장실을 찾던 중 비상탈출용 방화문을 열고 1층 바닥으로 떨어져 중상을 입었다.

Fig. 1. Multiplex Available Premises Emergency Escape Access Door Installation Example

Fig. 1은 위와 같이 피난기구 안전사고가 발생할 수 있는 다중이용업소 및 복합건축물에 대한 모습을 보여주고 있다.

이렇듯이 기존에 설치되어 있는 피난기구로 인해 많은 안전사고가 발생하고 있으며 대표적인 원인으로는 재실자의 피난기구 사용방법 및 위치 미숙지로 인해 발생하고 있다. 피난기구는 기본적으로 Fool Proof 설계를 통해 관계자들이 어려움 없이 대응할 수 있도록 단순하고 명쾌하여야 한다.

3. 피난기구 현황 및 발코니 피난기구 설계

3.1 피난기구 현황

피난기구의 화재안전기준 NFSC 301 (2017)에 따라 다중이용업소 및 공동주택 등에서는 Fig. 2의 구조대, 완강기, 다수인피난장치, 승강식피난기가 많이 설치되고 있다.

3.1.1 구조대

구조대는 설치방법에 따라 경사강하식과 수직강하식으로 나뉘어지며, 보관기간이 오래되어 조임성이 떨어져 안전사고가 발생할 수 있다.

3.1.2 완강기 및 다수인피난장비

완강기는 Min et al. (2011)에서 언급되어진 바와 같이 고층건축물에서 화재가 발생시 연기 등에 의해 피난 계단 및 승강기 등이 오염되어 사용할 수 없을 때 사용하는 피난기구로 피난자의 자중에 의해 하강로프장치로 내려오는 피난기구이다. 하지만, 1명씩 내려오는 방식으로 시간이 많이 지체되며 피난인원의 능력에 따라 피난 속도가 결정될 수 있어 Fool Proof 설계에 어긋난다. 또한, 다수인피난장치는 1~6명이 한 번에 사용할 수 있는 완강기이지만 피난인원의 능력에 따라 피난 속도가 달라지는 것은 동일하다고 볼 수 있다.

3.1.3 승강식피난기 및 하향식 피난사다리

승강식피난기는 건축물에서 화재 등 재해 발생시 사용하는 승강기 방식의 무동력 비상탈출장치로 준비 절차없이 즉시 피난할 수 있고 Fool Proof 설계에 따라 쉽게 작동한다. 하지만, 최대 2명이 한 번에 이용할 수 있으므로 많은 인원이 대피하는데 시간이 많이 소요된다.

하향식 피난사다리는 수동으로 사다리를 전개하여 피난하는 방식으로 승강식피난기보다 가격이 저렴하지만 피난시간이 더 오래 걸리는 단점이 있다.

Fig. 2. Types of Evacuation Mechanisms

3.2 발코니 피난기구 설계

3.2.1 개발의 주안점

본 피난기구는 아파트와 같은 공동주택이나 다중이용업소에 적용할 수 있는 발코니 피난기구에 대한 것으로 평소에는 추락 방지용 안전난간대로 이용되다가 화재 등의 긴급한 상황이 발생하였을 때 전개하여 피난이 가능한 피난사다리가 되는 형태의 발코니이다. 또한, 적정하중재하시험은 480 kg의 하중을 견딜 수 있으며, 계수 하중에 대해 약 1.5배의 안전율을 가지고 있다.

Fig. 3. Fire Escape Balcony Safety Railing Design

Fig. 3은 발코니 피난기구의 전개 전의 모습과 전개 후의 모습을 보여주고 있다. 이 피난기구의 대표적인 특징은 앞서 가는 사람의 간단한 작동으로 뒤따르는 사람들의 연속적인 피난이 가능하고 다수의 인원이 동시에 피난 시설의 사용이 가능하다.

3.2.2 피난기구의 구성

외부형 피난 대피장치는 화재 등의 유사시 대피장소인 실내에서 건물의 외부로 대피하기 위해 건물외벽에 대피공간을 형성하도록 돌출되는 출입 유닛과 상기 출입 유닛이 인접하게 구비되며, 하향 대피할 수 있도록 공간을 형성하는 안전 팬스 유닛 및 상기 안전 팬스 유닛의 내측에 구비되며, 하측으로 하향 대피할 수 있도록 대피계단이 전개되어 슬라이딩 계단 유닛으로 구성된다.

4. 피난시뮬레이션을 이용한 적응성 검토

피난기구의 객관성을 확보하기 위하여 시제품의 도면 및 동작 메커니즘에 대한 자료를 요청하였으며, 시제품을 확인하기 위해 현장 조사를 통해 관련 제품을 확인하였다. 이는 제품개발시 매번 현장적용이 어려움으로 시뮬레이션 검증으로 시간을 단축하기 위함이다.

또한, 피난시뮬레이션의 신뢰성을 검증하기 위해 현장 실험과 피난시뮬레이션의 비교과정을 진행했으며, 이를 위하여 현장실험 결과 중 영상촬영 내용 및 장치 조작에 대한 시간 데이터를 측정하여 시뮬레이션 인자값으로 적용하였다.

4.1 피난시뮬레이션 개요

피난시뮬레이션은 화재시 건축물내 사람들이 대피하는데 소요되는 시간을 계산하고, 특정 시설의 피난시스템 개선 또는 피난 절차의 개선이 피난 활동의 지연을 얼마나 감소시킬 수 있는지를 평가하여 최적의 피난시설과 피난절차를 유도할 수 있도록 한다. 이처럼, 피난시뮬레이션은 설계 기준의 변경과 피난시 혼잡한 지역이 될 수 있는 곳을 파악하는 등 성능위주설계 분석시에 사용되며, 범용으로 사용되고 있는 피난시뮬레이션의 종류는 Fig. 4와 같다.

첫 번째, Building EXODUS는 화재결과를 반영하여 피난자에 대한 시뮬레이션이 가능하지만 피난 유동에 대한 자연스러운 묘사가 어렵다.

두 번째, Simulx는 CAD도면의 평면과 계단실 연결 설정을 사용하여 건물을 모델링하는 시뮬레이션으로 국내에서의 높은 인지도를 가지고 있고 사용이 쉽다.

세 번째는 EVACNET4로 다양한 건축물 구현이 가능하나 피난시간 최적화에만 시스템의 목적이 집중되어 있어 각 피난인원들의 다양한 피난행동특성이나 의사결정 특징을 시뮬레이션할 때에는 부적합하고 텍스트 기반의 항목 입력

시스템으로 개발되어 복합건축물의 시뮬레이션이 불가능하다.

Fig. 4. Types of Evacuation Simulation Results

마지막으로 Pathfinder의 경우, 다양한 이동모델의 선택 및 지역적 단거리 선택이 가능하고 이동 경로의 세부적 설정이 가능하며 비교적 높은 수준의 3D 그래픽을 가지고 있다.

본 연구에서는 3D를 통해 이동 경로의 세부적 설정을 통하여 피난기구의 성능을 검증해야 함으로 Pathfinder 2016을 사용하였으며, 이 소프트웨어는 미국 THUNDERHEAD ENGINEERING사에서 개발되었다.

4.2 피난 시나리오의 선정

4.2.1 피난개시시간

Min et al. (2011)에서 언급되어진 바와 같이 실제상황에서는 건물 안의 모든 사람들이 비상시 경보가 울렸을 때 즉각적으로 피난을 하지 않는다. 왜냐하면 매우 넓은 공간으로 구성되어 있고, 서로 다른 종류의 경보체계나 고장난 경보설비 등도 포함될 수 있기 때문이다. 이에 따라, 용도 및 규모에 맞게 피난개시시간을 예측하여 적절한 피난개시시간을 산정하여야 한다.

4.2.2 피난시뮬레이션의 인원 특성

피난인원의 인체치수, 보행속도를 고려하여 특성을 부여해야하므로 피난 현장실험에 참여한 각 인원의 특징에 맞게 적용하였다. 또한, 시뮬레이션에 적용한 피난속도 및 신체치수는 Table 4와 같이 적용하였으며, 이는 KICT (2008)을 근거로 하였다. 또한 어깨너비는 Korean Body Size Survey (KATS, 2017)를 참고하였다.

Table 4. Evacuation Speed and Body Dimensions Applied to Simulation

Case		Children	Adult	Senior
Male	Walking speed(m/s)	0.9	1.2	0.8
	Shoulder width(cm)	30.7	38.8	34.9
Female	Walking speed(m/s)	0.9	1.1	0.8
	Shoulder width(cm)	29.1	35.2	34.5

4.3 피난시뮬레이션 실행 및 결과분석

피난 시나리오는 현장실험에 대한 피난시뮬레이션을 진행하는 것으로 실험과 시뮬레이션을 비교 분석하여 시뮬레이션의 신뢰성을 검증하는 단계이다. Fig. 5는 피난 시나리오에 대한 시뮬레이션 모형으로 피난 현장실험을 모사하기 위해 공동주택의 대표적인 타입을 선정하여 모델링 한 후, 현장실험 결과와 비교하면서 피난시뮬레이션의 인자값을 조정하였다.

Fig. 5. Evacuation Modeling of Evacuation Scenarios (side1, side2, plane)

4.3.1 수용인원 산정 및 구성

수용인원 산정은 피난 현장실험을 검증하기 위하여 Table 5와 같이 실험에 참석한 대상과 같은 인원 수 및 성별, 나이를 적용하였다. 피난개시시간은 피난 현장실험과 동일한 조건에서 피난을 개시하기 위하여 경보기가 동작한 이후부터 시뮬레이션을 수행하는 것으로 설정하였다. 이에 따른 피난의 완료는 재실자 중 마지막 피난인원이 발코니 피난기구를 이용하여 아래층으로 피난을 완료하는 지점에서 최종 피난 완료 시간을 측정하였으며, 피난 현장실험은 실험 동영상을 분석하여 최종 피난인원이 아래층으로 대피가 완료되는 시점을 동일하게 완료시간으로 선정하였다. 마지막으로, 피난 시 피난계단을 이용하는 것을 기본원칙으로 하나, 본 시나리오는 피난계단을 사용할 수 없는 경우를 가정하여 발코니 피난기구를 이용하여 피난하는 것과 패닉 현상이 발생하지 않는다는 것을 가정하였다.

Table 5. Capacity Calculation

Subject	Capacity (persons)				Total
	Children	Male	Female	Senior	
Total member	5	2	4	2	13

4.3.2 인자값 추출

현장실험에서 피난 개시 인원이 발코니에 도착하는데 걸리는 시간이 5초임으로 발코니로 들어가는 입구를 설치하여 Open 시간을 5초로 입력하였다. 다음으로 발코니 피난기구를 전개하는데 현장실험에서 11초가 소요되어 발코니 계단 전에 지체시간 11초를 입력하였다. 초기에는 입구를 설치하지 않고 피난인원에게 발코니 피난기구 앞에 대기시간을 부여하였지만 인원들 사이에 밀림 현상이 발생하여 입구의 설치를 통해 피난인원의 밀림현상을 방지하였다. 또한 시뮬레이션의 발코니 계단의 경우, 일반 평지의 보행속도와 차이가 있으므로 피난인원의 속도 감속을 적용하기 위해 계단의 각도를 83°로 입력하여 계단면을 걷게 만들어 보행속도를 실험결과와 비교하여 10% 감소시켰다. 마지막으로 사다리에서 걸리는 피난 시간을 적용하기 위해 사다리의 각도를 83°로 입력하고 평균 속도를 0.125 m/sec로 지정하였다. 처음에는 각도를 90°로 입력하여 실행한 결과, 시뮬레이션 상 피난인원이 사다리의 길이를 무시하고 바로 떨어지는 현상이 발생하였다. 이를 해결하기 위해 떨어짐 현상이 발생하지 않는 한에서 최대한 90°에 가까운 인자값을 입력하였다.

4.3.3 피난시뮬레이션 결과 분석

시뮬레이션을 현장실험과 비교하여 실행한 과정을 Fig. 6에 나타내었다. 또한, Table 6과 같이 현장실험과 피난 시뮬레이션을 비교한 결과, 수용인원 13명이 피난완료 시간

이 피난 실험은 121초에 완료되었으며, 피난시뮬레이션은 122초에 완료하였다. 피난완료시간이 1초 밖에 차이가 발생하지 않아 발코니 피난기구의 시뮬레이션 검증의 신뢰성을 확보하였다.

Table 6. Comparison of Evacuation Time according to Evacuees

Capacity (Persons)	Field experiment	Evacuation simulation	Difference
1	22	25	-3
2	31	31	0
3	38	39	-1
4	45	50	-5
5	52	57	-5
6	63	67	-4
7	67	72	-5
8	77	82	-5
9	86	91	-5
10	95	99	-4
11	107	108	-1
12	114	115	-1
13	121	120	+1

5. 결 론

공동주택과 다중이용업소에 사용이 가능한 발코니 피난기구를 개발하는 과정 중 한국건설기술연구원 현장실험과 피난시뮬레이션 비교 분석을 통해서 검증의 신뢰성을 확보하고 인자값을 추출하였다. 또한, 다수의 인원이 동시에 연속적으로 피난이 가능함을 확인할 수 있었다.

본 연구의 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 피난현장실험을 피난시뮬레이션에 적용함으로써 발코니 피난기구의 전개 시간을 문의 Open 시간으로 조절하였고, 발코니 계단과 사다리의 경우 설치 각도 83°와 평균 속도 0.125 m/sec를 조정하여 현장에 맞는 인자값을 추출하였다.

Case	Site Experiment	Evacuation Simulation
Evacuees Arrangement
Evacuation Time(10s)
Evacuation Time(60s)
Evacuation End (121s,122s)

Fig. 6. Analysis of Evacuation Simulation Results

- (2) 피난현장실험과 피난시뮬레이션 결과, 피난완료시간의 차이가 1초로 근소한 차이가 발생하였다.
- (3) 막다른 복도가 형성된 주거시설 및 업무시설이나 다중이용업소의 피난 상황 등 추가적인 시나리오에 추출한 사다리의 설치 각도와 구간별 평균속도 및 인원별 보행속도를 적용할 수 있다.
- (4) 본 발코니 피난시설을 개발함으로서, 10층까지만 설치가 가능한 피난기구의 제한성을 그 이상층으로 확대 실시할 수 있었다.
- (5) 또한, 현장실험과 비교하면서 발췌한 피난시뮬레이션 인자값들이 다양한 시나리오의 피난시뮬레이션에 적용될 수 있다.

감사의 글

본 연구는 국민안전처 현장중심형 소방활동지원기술개발사업 연구비 지원(MPSS-소방안전-2015-68)에 의해 수행되었습니다.

References

KICT (Korea Institute of Construction Technology). (2008). *Development of fire spread protection and escape*

safety design technique according to standard fire model. KICT 2008-116.

KATS (Korea Agency for Technology and Standard). (2017). Korean body size survey. Retrieved from <http://Size.korea.kats.go.kr>

Min, S.H., Sa, J.C., Jang, Y.J., Lee, J.M. and Nam, J.O. (2011). A study on the development of evacuation equipments for units in high-rise apartment. *Proceedings of 2011 KIFSE Annual Fall Conference*, Korean Institute of Fire Science & Engineering, pp. 183-186.

MOLIT (Ministry of Land, Infrastructure, and Transport). (2016). *High-rise buildings status in 2016*.

NFDS (National Fire Data System). (2017). *Number of fires in 10 years (2017)*.

NFSC 301. (2017). *Fire safety standards of evacuation apparatus*.

Received	March 21, 2018
Revised	March 26, 2018
Accepted	April 9, 2018