

## 한국형 재실자 피난부하모델 구축에 관한 연구

이정수<sup>1</sup>, 권흥순<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>충남대학교 건축학과

### A Study on the Construction of Korean Evacuation Load Model

Lee, Jeong-Soo<sup>1</sup> and Kwon, Heung-Soon<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Architecture, Chungnam National University

**요약** 본 연구의 목표는 한국형 피난 시뮬레이션 시스템을 개발하기 위한 한국형 피난부하모델을 구축하는 것이다. 이를 위해, 피난실험을 통해 도출된 한국인의 연령 및 장애유형별 피난속도와 선행연구에서 검증된 피난시간 계산 수식을 적용하였다. 그 결과, 건물 내부의 복도와 계단 및 출입구 정보를 바탕으로 각각의 유형(연령, 장애정도 등)에 따른 재실자의 피난시간을 도출할 수 있는 피난부하모델을 도출하였다. 피난부하모델의 검증에 위하여, 기존의 피난속도 계산 프로그램인 SIMULEX와 동일한 조건하에서 피난시간을 도출하여 비교평가하였다. 피난속도가 느릴수록 상호간의 계산결과가 비슷하였지만, 피난속도가 빨라지면 도출된 피난시간 결과값이 상이함을 알 수 있었다. 이는 한국형 피난부하모델과 SIMULEX의 피난속도 계산식 함수가 상이한 것에 기인한다.

**Abstract** This study focused on the construction of Korean Evacuation load Model for reflecting Korean Evacuation behaviors. For the purposes, several evacuation experiments are executed according to the ages, and the level and types of disabilities. We accumulated the data on the evacuation velocity and behavior patterns according the ages, and the level and types of disabilities. From these results, we proposed the Korean Evacuation Load Model and compared with several popular evacuation simulation model such SIMULEX. As results of these studies, we found the possibility of construction of Korean Evacuation Simulation System based on the Korean Evacuation Model including the evacuation velocity and human behaviors.

**Key Words** : Korean Evacuation simulation system, Korean Evacuation load Model, Evacuation velocity, Evacuation behavior

## 1. 서론

### 1.1 연구배경 및 목적

건축물과 관련된 사고는 다양한 원인에 의해 발생하지만, 화재에 의한 사고는 특히 그 발생빈도와 위험성 측면에서 점차 증가하고 있다. 실제적으로 「인천 라이브 호프집 화재」, 「씨랜드 화재」, 「대구 지하철 화재」 등과 같은 화재사례에서 알 수 있듯이, 화재 발생직 후 재실자를 안전한 장소로 '대피(evacuation)'시키는 것이 가

장 중요한 사항이다. 이는 건축물 건축과정에서 피난을 고려한 계획의 필요성이 제기되며, 동시에 운영관리측면에서 재실자의 안전의식과 피난훈련의 중요성이 대두되고 있다. 하지만, 대부분 건축물 계획과정에서는 건축법상 피난거리를 준수하는 것으로 만족해하고, 준공 후 운영과정에서는 '피난'에 대한 인식이 부족한 가운데 재실 밀도 및 피난동선 확보에 대한 의식없이 통로에 물건이 적체되는 등 사소한 이유로 사고시 인명피해가 커지는 경우가 빈번하게 나타나고 있다. 따라서, 재난약자로 분

본 논문은 한국연구재단 2008년도 일반연구지원(기본연구) 이공분야 연구과제(과제번호 KRF-2008-313-D01109)로 수행되었음.

\*Corresponding Author : Kwon, Heung-Soon(Chungnam National Univ.)

Tel: +82-10-6719-4399 email: [pitbul@hanmail.net](mailto:pitbul@hanmail.net)

Received July 23, 2013

Revised August 29, 2013

Accepted October 10, 2013

류되는 어린이나 노약자, 병원환자 및 장애인 등 재실자의 피난행태를 고려한 건축계획의 필요성이 제기되고 있다.

해외의 경우, 건축물 내 대피연구를 보행자 유동속도 측정을 통해 NFPA(National Fire Protection Association)는 "Building Exits Codes"로 발간하고 있으며, '일상적인 대피 유동(normal exiting flow)'과 '화재로 인한 긴급대피 유동(fire-drill exiting flows)' 등을 제시하고 있다. 최근에는 재실자 대피패턴에 관한 '컴퓨터 모델'인 'EXIT89', 'SIMULEX', 'Exodus' 등이 개발되고, 또한 이러한 시뮬레이션 모델이 공학적 관점에서의 접근으로부터 재실자에 대한 정보 반영(crowd behavior)의 중요성이 대두되고 있다[1]. 하지만, 국내에서는 주로 소방 및 화재의 원리나 성상 측면에 관한 연구가 다수를 이루고, 건축계획적 측면에서 재실자의 행태를 고려한 대피 모델 구축을 위한 노력은 미진한 상태이다. 따라서 한국인을 대상으로 한 통로-계단에서의 보행자 피난속도 측정 database와 이를 적용한 피난속도 계산을 통해 한국형 재실자 피난부하모델의 구축의 필요성이 대두되고 있다.

이러한 배경으로부터 본 연구는 한국형 재실자 피난부하모델 구축을 위하여, 첫째 한국인의 고유한 신체적 특성이 연령별 시설별로 반영된 피난속도 database를 구축하고, 둘째 경사지(계단)과 평지를 대상으로 피난시간을 도출할 수 있는 수식을 제안하고자 한다. 이러한 피난속도 database와 피난시간 도출수식을 조합하여 건물내 재실자의 종합적인 피난시간을 도출하는 피난부하모델을 제시하고자 한다.

## 1.2 연구내용 및 방법

한국적 특성을 반영한 피난부하모델의 구축을 위해서는 다음과 같은 연구가 선행되어야 한다. 첫째, 연령 및 이용시설별 피난속도 database가 정립되어야 하며, 둘째 피난속도 database를 적절하게 적용될 수 있는 적합한 피난속도 산출식을 도출하여야 한다. 본 연구에서는 이를 위하여 선행연구에서 도출된 연령 및 이용시설별 피난속도 database를 분석하고, 피난실험을 통하여 장애인 시설 등에 대한 피난속도 database를 피난실험을 통하여 도출하고자 한다[2-4]. 다음으로, 이러한 database를 적용하여 재실자의 피난속도를 도출하는 수식을 SFPE(Society of Fire Protection Engineers) 및 관련 선행연구에서 도출한 유출계수 등을 종합하여 작성하고자 한다[5]. 마지막으로 이러한 요소들을 종합하여 '피난부하모델'을 수립하고, SIMULEX와 같은 기존의 피난 시뮬레이션 프로그램과의 상호비교를 통한 검증을 통해 그 효용성을 검토한다.

## 2. 피난부하모델의 개념과 구성요소

### 2.1 피난부하모델의 개념

건물에서 화재가 발생하면, 재실자는 최대한 빠른 속도로 최단 거리를 이동하여 최소한의 시간안에 안전구역으로 대피할 수 있어야 한다. 이때, 피난자의 피난시간을 증가시키는 요소는 재실자 개인별 피난속도 저하요소(연령, 신체적 장애, 부상 등)와 계단 등의 경사로, 장애물 등의 1차적 요소와 재실자가 출입구나 복도 입구에서 병목 현상을 일으켜 피난시간이 지연되는 것과 같은 2차적 요소로 구분할 수 있다. 거주자들이 피난을 완료하는데 소요되는 최소피난요구 시간을 REST(Required Safe Egress Time)라 하며, 화재로 인해 위험에 도달하게 되는 시간을 ASET(Available Safe Egress Time)이라고 한다[6]. REST는 ASET보다 짧아야 하며, REST를 산출하는데 가장 중요한 요소는 재실자의 피난속도이다.

피난부하모델이란 이러한 피난시간 저하요소가 피난의 각 단계에서 미치는 영향을 고려하여 전체적인 피난시간을 도출하는 과정을 모델화한 것이다. 피난부하모델을 구성하는 요소는 크게 연령대에 따른 개인별 피난속도와 이용시설에 따른 피난속도의 2가지로 구분할 수 있다. 그리고, 이러한 2가지 요소를 구체적인 수식에 대입하여 최종적인 피난시간을 도출하는 과정을 피난부하모델이라고 정의할 수 있다. 한국적 피난부하모델 성립을 위해서는 무엇보다 한국인(장애인 및 노약자 포함)의 피난속도 database가 가장 중요하다고 판단된다.

### 2.2 구성요소

#### 2.2.1 연령대별 피난속도

연령대별 피난속도란 재실자의 연령대별로 차이가 있는 개인별 피난속도를 의미한다. 본 연구의 결과와 비교할 수 있는 SIMULEX에서의 적용 변수 및 상수는 크게 평지와 계단에서의 피난속도이다. SIMULEX의 보행속도 변수는 성별 및 연령대에 따라 구분하여 각각의 유형에 따라 지정된 상수를 입력하여 계산하도록 구성되어 있는데, SIMULEX 기본값, NFPA 기준, SFPE 기준, 홍콩 및 일본 등 비교적 최근에 조사된 국가별 피난속도 등을 어린이와 노인, 성인 등으로 구분하여 적용하고 있다.

그러나, 세부적인 연령구분에 따른 변수값 정의가 부족하고, 특히 청소년과 같이 신체변화속도가 빠른 연령대 및 장애인에 대한 고려가 미흡하다. 보행속도 또한 한국인을 대상으로 한 실험결과와는 차이가 있으며, 특히 계단 보행의 경우 거의 일률적인 수치를 적용하고 있어서 연령대별 피난행태 특성을 정밀하게 반영하지 못하고 있는 것으로 판단된다.

[Table 1] evacuation velocity variable

section		level walking(m/s)		stair walking(m/s)		
		average	variation	downward	upward	
SIMULEX wife data	adult	male	1.35	0.2	0.6	0.5
		female	1.15	0.2	0.6	0.5
	child	0.9	0.3	0.6	0.5	
	senior	0.8	0.3	0.6	0.5	
NFPA standard		1.0	0.0	0.6	0.5	
SFPE standard		1.4	0.0	0.6	0.5	
Hong-k ong	adult male	1.35	0.2	0.6	0.5	
	adult female	1.15	0.2	0.6	0.5	
	child	0.9	0.3	0.6	0.5	
Japan(school, office)		1.3	0.0	0.6	0.45	

2.2.2 이용시설별 피난속도

이용시설별 피난속도란 노인시설, 병원시설, 장애인 시설 등 연령에 따른 신체능력 저하와는 다른 신체적 특성 및 보조인력이나 보조기구의 도움이 필요한 재실자가 주로 이용하는 시설을 고려하여 이동속도를 산출한 것이다. 건축물 내 생활공간에는 재실자들의 필요에 의해 가구 및 사무기기 등 여러 물건들이 배치되고, 특히 복도 등에 가구 및 다양한 시설물들이 부가적으로 설치되면서, 이러한 설치물은 긴급한 조건에서 재실자들이 피난을 목적으로 이동하는데 장애물로 작용하고 있다. 따라서, 이러한 장애물들을 포함하여 피난자들이 이동을 하는데 직접적으로 영향을 미치는 모든 외부 인자들을 환경적 요인으로 구분 지을 수 있다[7]. 이러한 환경적 요인은 피난경로나 통로 및 계단의 위치, 출구나 복도의 폭과 위치, 개방형태, 계단의 경사도와 위치, 가구 등으로 인한 장애물 등이 있으며, 바닥면적 대비 재실자 수로 구성되는 1차적인 밀도와는 별개로 보행자의 피난행태에 큰 영향을 미칠 수 있다.

2.2.3 피난속도 산출수식

SIMULEX에 적용된 피난속도 계산식은 정상 보행속도와 각 개인별 거리 및 피난밀도의 3가지 변수와 관련 상수로 구성되어 있다. SIMULEX에서 구동하는 피난속도 계산식은 여러 가지 상황을 고려한 최소이동속도로써 몇 가지 변수에 따라 다르게 입력할 수 있도록 이미 규정되어 있는 정상 보행속도를 입력하여, 실제 시뮬레이션에 적용하는 최소이동속도를 도출하고 있다.

minimum movement velocity :  $\{V(d-0.25)/0.87\}(m/s)$   
 $V$ =normal movement velocity,  $d$ (personal distance)= $\sqrt{(1/D)}$ (m),  $D$ =evacuation density

[Fig. 1] evacuation velocity calculation formula in SIMULEX[8]

3. 한국형 피난부하모델 도출

3.1 연령대별 피난속도 도출

연령대별 피난속도란 자가 보행이 가능한 정상인들의 연령대별 피난속도를 의미한다. 이정수 등(2003, 2004, 2011)은 다년간 연령대별 평균피난속도에 대한 선행연구를 실시하였으며, 구체적인 피난실험을 통해 신뢰성있는 피난속도 database를 제시하고 있다[2,3,9,10]. 따라서, 본 연구에서는 이러한 선행연구를 참고하여 연령별로 평균 피난속도를 적용하였다. 연령별 평균피난속도를 종합한 결과, 평지 피난일 경우와 경사지(계단) 피난일 경우의 평균속도 차이가 큰 것을 알 수 있었다.

[Table 2] average evacuation velocity at age(m/sec)

section		age	average evacuation velocity
infant	level evacuation	3	2.00
		4	2.94
		5	2.91
		6	3.32
	stair evacuation W(stair with)=1,800, R(risers height)=140, T(treadle)=280	3	0.40
		4	0.48
5		0.59	
elementary school child	level evacuation	8~13	1.43
	stair evacuation	8~13	0.88
middle school student	level evacuation	14~16	male 3.46 female 2.59
		14~16	male 1.49 female 1.12
	stair evacuation W(stair with)=1,900, R(risers height)=140, T(treadle)=280		17~19
		17~19	male 1.42 female 1.32
adult	level evacuation	20~59	with 2,550mm 4.61 with 1,800mm 4.11
		20~59	with 2,100mm 1.82 with 1,500mm 1.66
	stair evacuation R(risers height)=180,T(treadle)=310		20~59
		senior	level evacuation

source : preceding study[[2][3][9][10]

[Table 3] evacuation behaviors according to ages-1

section	1~7 years old	8-13 years old	14~19 years old
level walking			
	individual walking_corridor	group walking_corridor	group walking_male
			
	group walking_entrance	group walking_corridor	group walking_female

[Table 4] evacuation behaviors according to ages-2

section	1~7 years old	8-13 years old	14~19 years old
stair walking			
	outdoor stair	outdoor stair	indoor stair
			
	indoor stair	indoor stair	indoor stair

source : preceding study[9],[2],[3]

### 3.2 이용시설별 피난속도 도출

정상인들의 연령대별 피난속도 외에 자가 보행이 어려운 보행자의 피난속도 또한 중요하다. 이정수 등 (2005)[4,11]은 노인시설(거동 불편 노인 대상)과 병원시설에서의 피난실험을 통해 도출하였다. 또한, 뇌성마비장애인·시각장애인·청각장애인·복합장애인 등이 주로 이용하는 시설인 장애복지시설 시설을 대상으로 피난실험을 실시하여, 장애유형에 따른 피난행태 및 속도를 분석하였다.(2011)[13] 일시적 장애가 있는 병원 환자 및 노유자시설, 그리고 장애인 시설 재실자의 경우, 재실자 대부분 보조기구의 도움을 받아 피난하며, 매우 작은 빈도수인 자유보행이 가능한 재실자도 피난속도가 매우 낮은 것을 알 수 있다.

[Table 5] evacuation behaviors according to facilities-1

section	elderly facility	general hospital	handicapped person facility
liberty walking			
	liberty walking	liberty walking	liberty walking (cerebral plasi ed person)
independent walking+stick			
	stick	linger	liberty walking (hearing deficiency_fire warning transmission time required)
help orthotics (step per)			
	stepper	stepper	stick, handrail (visual impairment)
help orthotics (wheelchair)			
	wheelchair	wheelchair	electromotion wheelchair

[Table 6] evacuation behaviors according to facilities-2

others help movement	support			
		support	support	support(blind)
	wheelchair			
wheelchair		wheelchair	baby carriage	
bed				
	bed move	bed move	wheelchair	

source : preceding study[4],[11],[13]

[Table 7] average evacuation velocity at building

section		age		average evacuation velocity(m/sec)
elderly facility	level evacuation	A-waist bend movement	male	0.46
			female	0.25
		B-stick movement	male	0.19
			female	0.29
		C-stick+wall handrail	male	0.18
			female	0.24
		D-wheelchair movement	male	0.95
			female	0.11
		E-suport movement	male	0.67
			female	0.17
		F-hand on a wall for movement	male	0.07
			female	0.40
hospital	level evacuation	A-independent-linger		0.72
		B-independent-no linger		0.87
		C-independent-wheelchair		0.83
		D-supported-wheelchair		0.91
		E-supported-bed		0.99
		F-help		0.63
		G-help orthotics		0.57
		H-1 supporter		0.89
I-2 supporters		0.93		
handicapped person facility	level evacuation	Visually impaired welfare center A		0.69
		impaired welfare center B		1.05
		Severe disability welfare Hall C		0.96
	stair evacuation	Visually impaired welfare center A		0.34
		impaired welfare center B		0.85
		Severe disability welfare Hall C		0.74

source : preceding study[[4][11][13]

3.3 피난속도 산출수식

건물내부에 화재가 발생했을 경우, 재실자들의 전체 피난시간은 ‘화재경보반응시간’, ‘각실 출입구 통과시간’, ‘복도피난시간’, ‘계단 피난시간’, ‘최종출구통과시간’ 등의 요인들이 종합되어 결정된다. 유출계수는 재실자가 일시에 대피하는 과정에서 나타나는 장애물 및 밀도변화 등으로 나타나는 출입구 통과시간으로서 병원의 재실자 피난행태분석을 통하여 유출계수모델[12]을 도출하였으며, 미국 SFPE의 방화공학 지침에서는 복도와 계단에서의 재실자 피난속도를 계산하는 수식을 제안[5]하고 있다. 이러한 선행연구에서 도출된 상수는 ‘화재경보 반응시간’과 ‘각실 출입구 통과시간’ 및 ‘최종출구통과시간’ 산출에 적용되며, 피난속도 상수들이 적용되는 항목은 ‘복도 피난시간’과 ‘계단 피난시간’이다. 각각의 계산과정에는 일반인의 연령별 피난시간 도출 수식과 장애인 유형별 피난시간 도출 수식이 상황에 따라 적용되며, 다시 복도와 계단의 피난시간 알고리즘이 종합되어 ‘전체 피난시간 도출과정’을 도출할 수 있다. 전체 피난시간은

복도와 계단에서의 보행속도에 따른 구간 피난시간 뿐만 아니라, 화재경보 반응시간이 추가로 소요되며, 화재경보 반응시간은 다양한 상수를 적용하여 대피 시뮬레이션시 적정값을 취용한다.

step1 : corridor evacutaion velocity out stagnation area : average movement velocity × corridor length  
 step2 : corridor evacutaion velocity in stagnation area : transit time of stagnation area + (average movement velocity × corridor length)  
 ※ transit time of stagnation area  
 ① room entrance transit time(normal people)  
 $S = N/(Ym)$   
 S : evacuation time, N : number of all people, Y : runoff coefficient=normal people = 1.5, old and weak people, patient people = 1.3, m : entrance range  
 ② room entrance transit time(inclusion behavior inconvenience people)  
 $S = N/0.1450.0211X \times m$   
 S : evacuation time, N : number of all people, x : ratio of behavior inconvenience people, m : entrance range

[Fig. 2] process of evacuation time deduction in corridor

step1 : out stagnation area : movement velocity × movement distance(slope length+landing length) × number of layer  
 step2 : in stagnation area  
 out stagnation area staircase evacuation time(step1) + stagnation area evacuation time(runoff coefficient calculation)  
 ※ stagnation area(entrance. etc..) evacuation time  
 ① room entrance transit time(normal people)  
 $S = N/(Ym)$   
 S : evacuation time, N : number of all people, Y : runoff coefficient=normal people = 1.5, old and weak people, patient people = 1.3, m : entrance range  
 ② oom entrance transit time(inclusion behavior inconvenience people)  
 $S = N/0.1450.0211X \times m$   
 S : evacuation time, N : number of all people, x : ratio of behavior inconvenience people, m : entrance range

[Fig. 3] process of evacuation time deduction in stairway

all evacuation time = fire alarm reaction time + room entrance transit time + corridor evacuation time(hospital & elderly facility : apply constant number + stagnation area transit time : runoff coefficient calculation) + stair evacuation time(stair+landing, hospital & elderly facility : apply constant number + stagnation area transit time : runoff coefficient calculation) + final entrance transit time

[Fig. 4] process of overall evacuation time deduction

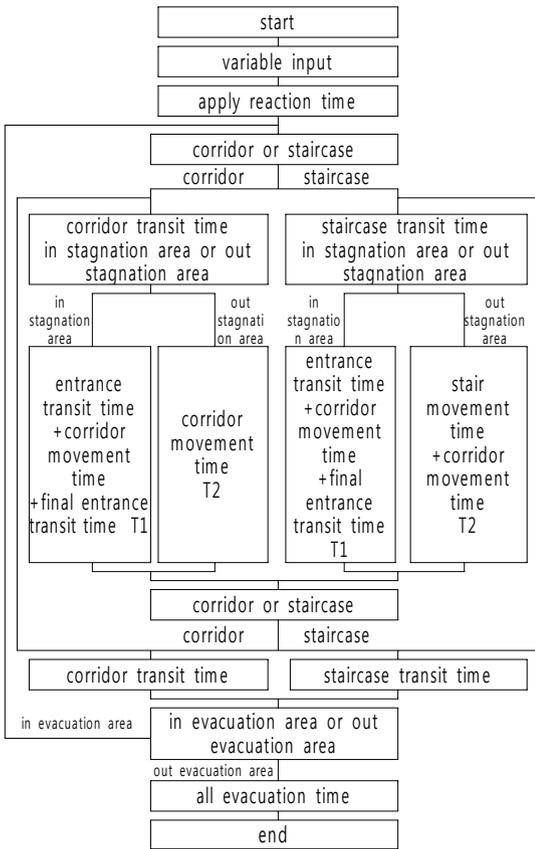
3.4 피난부하 모델의 도출

각각의 피난시간과정에는 피난속도에 영향을 미치는 피난 부하요소들을 포함하여 도식화를 통해 ‘피난부하 모델’을 도출할 수 있다. 이 모델은 재실자의 성별, 연령대, 피난자 수, 복도 폭, 피난거리, 반응시간 등의 관련요소들이 산입되어 피난속도 도출 수식을 통해 결과가 도출되는 일련의 흐름을 의미한다.

[Table 8] comparison for evacuation velocity deduction model through corridor and stairway conditions

evacuation person type	evacuation condition		evacuation time(sec)			time distinction (calculation result-SIMULEX result, sec)		
			calculation result		SIMULEX result	out stagnation area	in stagnation area	
			in stagnation area	out stagnation area				
infant	corridor(60persons, with:2,255mm)	age 3	10.0	61.3	25.2	- 15.2	36.1	
		age 4	6.8	58.1	17.8	- 11.0	40.3	
		age 5	6.9	58.2	17.5	- 10.6	40.7	
		age 6	6.0	57.3	15.0	- 9.0	42.3	
		stair(60persons, with:1,800mm)	age 3	18.0	69.3	51.9	- 33.9	17.4
			age 4	15.0	66.3	32.8	- 17.8	33.5
	age 5		12.2	63.5	29.6	- 17.4	33.9	
	elementary school	corridor(60persons, with:2,255mm)	14.0	65.3	33.5	- 19.5	31.8	
		stair(60persons, with:1,800mm)	8.2	59.5	54.2	- 46.0	5.3	
	middle school	male(83persons) corridor(with:2,255mm, distance 10m)	2.9	73.8	18.5	- 12.7	58.2	
female(60persons) corridor(with:2,255mm, distance 5m)		1.9	53.2	20.6	- 12.9	38.4		
male(83persons)stair(with:1,900mm, distance 10m)		12.2	83.2	30.2	- 25.4	45.6		
female(60persons)stair(with:1,900mm, distance 10m)		16.3	67.5	34.0	- 27.6	23.7		
high school	male(73persons) corridor(with:2,100mm, distance 4m)	1.1	63.5	18.0	- 12.3	50.1		
	female(46persons) corridor(with:2,250mm, distance 5m)	1.6	41.0	16.4	- 9.9	29.5		
	male(131persons)stair(with:2,000mm, distance 11m)	12.7	124.6	46.6	- 41.5	70.4		
	female(130persons) stair(with:1,850mm, distance 10.5m)	13.1	124.2	163.8	-158.4	- 47.2		
university	corridor(60persons)	with 2,550mm	4.3	55.6	72.6	- 68.3	- 17.0	
		with 1,800mm	4.9	56.2	83.3	- 78.4	- 27.2	
	stair(60persons)	with 2,100mm	4.0	55.2	145.2	-141.2	- 90.0	
		with 1,500mm	4.3	55.6	164.3	-160.0	-108.7	
senior (over 60 ages)	corridor (with:2,400mm, 30persons)	male	29.9	55.5	54.6	- 24.8	0.9	
		female	28.2	53.8	52.4	- 24.2	1.4	
elderly facility	corridor (30persons with:2,400mm)	bow movement A	male	43.5	69.1	80.7	- 37.2	- 11.6
			female	80.0	105.6	146.8	- 66.9	- 41.2
		stick movement B	male	105.3	130.9	220.2	-114.9	- 89.0
			female	69.0	94.6	127.9	- 58.9	- 33.3
		stick+handrail movement C	male	111.1	136.8	225.3	-114.2	- 88.6
			female	83.3	109.0	168.1	- 84.8	- 59.1
		supported-wheelchair movement D	male	21.1	46.7	40.7	- 19.7	6.0
			female	181.8	207.5	341.7	-159.9	-134.2
		supported movement E	male	29.9	55.5	58.4	- 28.6	- 2.9
			female	117.7	143.3	245.2	-127.6	-101.9
		walls of straw movement F	male	285.7	311.4	557.0	-271.3	-245.6
			female	50.0	75.6	87.6	- 37.6	- 12.0
hospital	corridor (30persons with:2,400mm)	independent-linger A	27.8	53.4	50.1	- 22.3	3.3	
		independent-no linger B	23.0	48.6	44.7	- 21.7	3.9	
		independent-wheelchair C	24.1	49.7	44.2	- 20.1	5.5	
		supported-wheelchair D	22.0	47.6	39.9	- 17.9	7.7	
		supported-bed E	20.2	45.8	40.1	- 20.0	5.7	
		help F	31.8	57.4	58.3	- 26.6	- 0.9	
		help orthotics G	35.1	60.7	72.6	- 37.5	- 11.9	
		1 supporter H	22.5	48.1	47.0	- 24.5	1.1	
		2 supporters I	21.5	47.2	41.7	- 20.2	5.5	
handicapped person facility	level evacuation (30persons, corridor with:2,400mm)	Visually impaired welfare center A	28.9	54.5	58.4	- 29.5	- 3.9	
		impaired welfare center B	19.0	44.7	37.5	- 18.5	7.2	
		Severe disability welfare Hall C	20.0	46.5	39.5	- 18.6	7.0	
	stair evacuation (30persons, stair with:1,800mm)	Visually impaired welfare center A	21.3	46.9	100.1	- 79.0	- 53.2	
		impaired welfare center B	8.5	34.1	44.6	- 36.1	- 10.5	
		Severe disability welfare Hall C	9.7	35.3	54.8	- 45.1	- 19.5	

\* walking distance 20m, corridor and stair entrance is 1 point in stagnation area, stair length 1.8m



[Fig 5] Evacuation Load Model

## 4. 피난부하모델의 검증

### 4.1 SIMULEX 피난시간 도출 수식과의 차이점

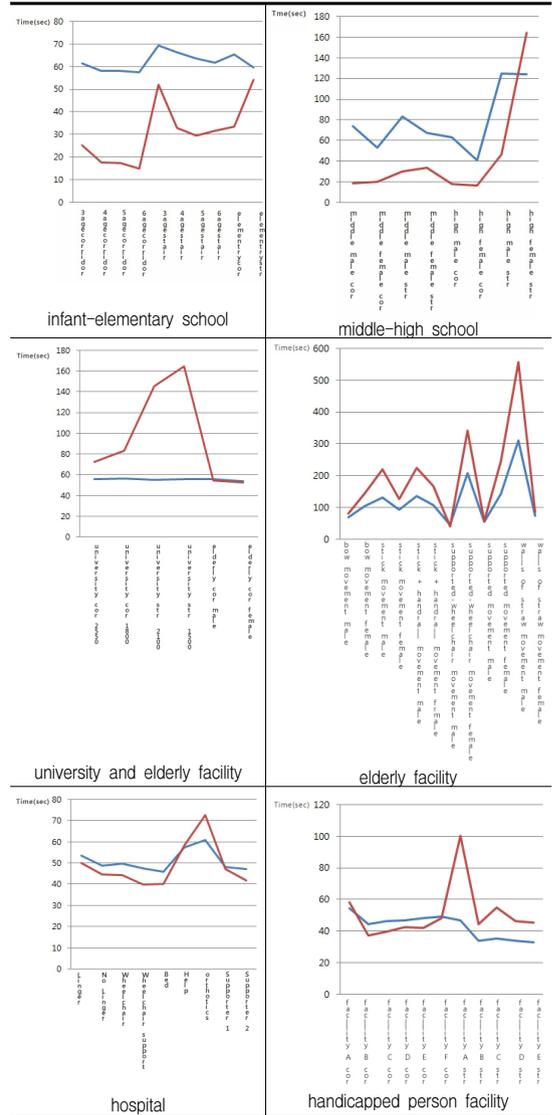
본 연구에서 도출한 피난속도 계산식과 SIMULEX의 피난시간 도출 수식간의 차이점은 다음과 같다.

첫째, 유출계수를 적용하지 않고 피난밀도를 적용하여 정체가 발생할 경우를 고려하였다. 그러나, 이는 출입구에서의 정체 특성과 피난 통로에서의 정체 특성의 차이점을 고려하지 않았기 때문에, 특히 정체 특성이 잘 나타나는 출입구 정체시간 도출에 문제점이 있다고 할 수 있다.

둘째, 보다 실제 피난 상황과 근접한 피난 행태 시뮬레이션을 위하여 구간별 피난밀도에 따른 각 개인별 거리를 적용하여 실제 피난시의 보행 특성을 반영하고자 하였다. 그러나, 이는 일률적인 수식으로 규정되어 있으므로 보다 다양한 상황을 반영하는 수식이 필요하다. 본 연구에서는 피난자 유형별 대피 실험을 통해 도출된 유형별 피난속도를 변수로 상황에 따라 적용하여, 각 개인별 거리에 관한 수식을 대체하였다.

[Table 9] comparison for evacuation velocity deduction model through evacuee's type

(— Evacuation load Model drew conclusion, — SIMULEX drew conclusion)



### 4.2 피난속도 도출 결과 비교

본 연구에서 개발한 ‘피난부하모델’의 적용결과 도출된 피난 시뮬레이션 결과를 기존의 피난 시뮬레이션 프로그램의 하나인 SIMULEX와 비교하기 위하여, 재실자 유형, 복도 및 계단 규격, 출구 개수, 피난자 수 등의 조건을 동일하게 설정하고 산출된 피난속도를 비교하였다.

이때, SIMULEX 프로그램의 population.ini 파일에 본 연구에서 산출된 재실자 유형별 피난속도 변수를 재정의 하여, SIMULEX 구동시에도 ‘피난부하 모델’과 동일한

피난속도 변수가 적용되도록 하였다. 피난속도의 계산은 정체구간이 있는 경우와 없는 경우로 구분하여 피난시간을 산출하였으며, 전체적인 비교는 재실자 유형별로 구분하여 비교하였다. 또한, SIMULEX 실험 결과 대부분의 경우 일정부분 정체구간이 발생하였으므로, SIMULEX 산출 값은 개발 프로그램에서 정체구간이 있는 경우와 비교하였다.

정체구간이 있는 것으로 가정했을 경우의 피난시간 산출 결과를 비교한 결과, 전반적으로 복도보다는 계단이, 연령대가 젊은 유형보다는 노인인 경우가, 거동이 자유로운 경우보다는 불편한 경우일수록 SIMULEX에서의 피난시간과 차이가 적은 것으로 나타났다. 따라서, 본 연구를 통해 개발된 수식 및 피난부하모델은 피난속도가 낮을수록 SIMULEX의 피난시간 계산 도구와 비슷한 거동을 나타내고 있다고 판단된다. 이는 ‘피난부하모델’의 경우 정체구간에서 유출계수를 적용하는 반면에, SIMULEX의 경우 정체구간 발생시 피난자 밀도에 따라 거동이 결정되기 때문인 것으로 생각된다.

## 5. 결 론

본 연구에서는 한국형 피난부하모델을 구축하기 위해, 피난실험을 통해 도출된 한국인의 연령 및 장애유형별 피난속도와 선행연구에서 검증된 피난시간 계산 수식을 적용하였다. 그 결과, 건물 내부의 복도와 계단 및 출입구 정보를 바탕으로 각각의 유형(연령, 장애정도 등)에 따른 재실자의 피난시간을 도출할 수 있는 피난부하모델을 도출할 수 있었다.

도출된 피난부하모델은 한국인의 신체적 특성이 반영된 피난속도 database를 기반으로 작성되었기 때문에, 한국형 피난부하모델이라고 할 수 있을 것이다. 기존의 피난속도 계산 프로그램인 SIMULEX와 동일한 조건하에서 피난시간을 도출하여 비교평가한 결과, 피난속도가 낮을수록 상호간의 계산결과가 비슷하였지만, 피난속도가 높아지면 도출된 피난시간 결과값이 상이하였다. 따라서, 보다 정확하고 효과적인 피난시뮬레이션 시스템 구축을 위해서는 좀더 다양한 변수와 수식이 적용된 피난속도 계산식 산출에 대한 후속연구가 필요하다.

## References

[1] J. D. Sime, "Crowd Psychology and Engineering : Designing for People or Ballbearing", Engineering for

Crowd Safety, p.120, 1993.

- [2] Jeong-Soo. Lee, Eung-Sik. Kim, "A Study of Evacuation Behavior in Elementary Schools depending upon Space Organization System - A Pilot Study of Two Elementary Schools in Taejon and Chonan", Journal of the architectural institute of korea, v16 n7, pp.8-11, 2000. 07.
- [3] Jeong-Soo. Lee, Heung-Soon. Kwon, "The Fire Evacuation Drills according to Sex, Age and Physical Characteristics in Junior High School and High School", Journal of the regional association of architectural institute of korea, v13 n3, pp.97-104, 2011. 9.
- [4] Jeong-Soo. Lee, Eung-Sik. Kim, "A Study on the Architectural Design and Management Guidelines of Elderly Facility through Reviewing of Evacuation Behavior", Journal of the architectural institute of korea, v20 n6, pp.148-150, 2004. 06.
- [5] KFPFA translation, "SFPE Handbook of fire protection engineering-I", KFPFA, pp.342-380, 2005.
- [6] Jae-Ho. Hwang, Young-Soo. Kim, Chang-Hyun. Ym, "Fire&Egress Simulation", Dong-Hwa Technology, p.33, 2009.03.
- [7] Hee-Kwon. You, "A Study on Evacuation of Patients in Hospital", A master's thesis of Hoseo University, p.5, 2004. 02.
- [8] Woon-Hyung. Kim, Myong-O. Yoon, "A review of evacuation computer model-SIMULEX", Autumn treatise conference of the Korean Institute of Fire Science & Engineering, p.157, 1999.11.
- [9] Jeong-Soo. Lee, Eung-Sik. Kim, "A Study on the Architectural Design and Management Guidelines of Infant Facility through Reviewing of Evacuation Behavior", Journal of the architectural institute of korea, v19 n7, p.87, 2003. 07.
- [10] Jae-Ho. Mun, "A Study on the Required Evacuation Time according to the width of Corridor and Staircase - Focusing on the University Education Facility-", Department of Architectural Engineering, Graduate School, Chungnam National University, p.40, 2010.
- [11] Eung-Sik. Kim, Jeong-Soo. Lee, Myeong-Hun. Kim, Hee-Kwon. You, Yong-Ho. Song, Kyung-Chan. Min, "A Study on Evacuation of Patients in Hospital:Part I", Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering, v19 n2, p.23, 2005.
- [12] Jeong-Soo. Lee, Eung-Sik. Kim, Kyung-Chan. Min, Young-Ho. Song, "A Study on the Architectural Design and Management Guidelines through Reviewing of Evacuation Behavior in the Ward of General Hospitals",

Journal of the Architectural Institute of Korea, v21 n10,  
p.64, 2005. 10.

- [13] Korea Disabled People's Development Institute, "A Study on the Architectural Design and Evacuation Management Guidelines for Disaster Prevention in Disabled People's Rehabilitation Center", 2011. 9.

---

**이 정 수**(Lee-Jeong Soo)

[정회원]



- 1987년 2월 : 서울대학교 대학원 건축학과 (건축학석사)
- 1992년 2월 : 서울대학교 대학원 건축학과 (건축학박사)
- 1993년 3월 ~ 2002년 6월 : 호서대학교 건축학과 부교수
- 2002년 6월 ~ 현재 : 충남대학교 건축학과 교수

<관심분야>  
건축계획, 설계

---

**권 흥 순**(Kwon-Heung Soon)

[정회원]



- 2004년 2월 : 충남대학교 공과대학원 건축공학과 (건축공학석사)
- 2012년 2월 : 충남대학교 공과대학원 건축공학과 (건축공학박사)

<관심분야>  
건축계획, 설계