

고령자의 피난안전설계를 위한 군집보행속도에 관한 연구 A Study on the Walking Speed of Crowd for Safety Evacuation Design of the Elderly

홍해리[†] · 서동구 · 長谷見雄二* · 권영진**

Hae-Ri Hong[†] · Dong-Goo Seo · Yuji Hasemi* · Young-Jin Kown**

호서대학교 소방방재학과 대학원, *早稻田大學理工學部, **호서대학교 소방방재학과
(2010. 10. 5. 접수/2011. 2. 11 채택)

요 약

본 연구는 국내의 급격한 고령화추세와 그에 대응하기 위해 증가하고 있는 고령자시설의 피난안전설계를 위한 기초연구로서 일반인과 고령자의 군집형성시의 보행속도를 고령자의 위치와 비율에 차이를 두어 조사하였다. 조사결과 고령자가 전방에 배치되었을 때 평균 0.81m/s로 가장 감소하였으며, 고령자의 비율이 50%인 10명 배치되었을 때 0.85m/s로 가장 감소하였다. 국내의 경우 피난행동특성에 관한 연구는 전무하며 또한 실제적인 성능설계나 피난계획이 미흡한 실정이므로 향후 피난안전설계를 위하여 고령자의 피난행동특성을 고려한 다양한 연구를 통한 DATA 확보가 시급할것으로 판단된다.

ABSTRACT

Korea is rapidly becoming an aging society. As a basic research on increasing evacuation safety design at silver facilities, the study was conducted in consideration of different foot's pace according to the number of seniors and their locations in a crowding of ordinary people and seniors all together. When the seniors were located at the front, the pace reduced to 0.81m/s on average. With 10 seniors which covered 50% of the crowd, the pace decreased to 0.85m/s. It is true that Korea has no existing researches on evacuation behaviour, and functions mentioned in its evacuation safety design is lack of practicality. Therefore, it is certainly necessary to secure any data of the evacuation behavior through various studies on seniors' evacuation behaviors.

Key words : Elderly, Facilities for the elderly, Walking speed of crowd, Evacuation time

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

최근 전 세계적으로 산업과 의학의 발달로 인하여 평균 수명이 연장되고 있으며 향 후 고령자의 수는 급격히 증가할 것으로 전망된다.

특히 국내의 경우 출산율 감소와 더불어 빠르게 고령화 사회로 진입¹⁾하고 있으며 이러한 상황에 대응하기 위하여 고령자시설은 대폭적으로 증가하고 고층화 되는 경향을 보이고 있다.²⁾

국외에서는 2006년 방화 기술자 협회(SFPE, Society

of Fire Protection Engineers)에서 초고층 고령자 복합 시설을 대상으로 각 국가별 PBD(Performance Based of Design) 계획을 기준으로 Case Study를 통한 피난안전성평가를 실시하여, 고령자를 고려한 성능설계(PBD)의 기반을 구축하기도 했다.³⁾

고령자 시설에서의 피난대상자를 위한 피난안전설계를 위해서는 피난시간예측, 안전구간계획, 고령자 피난행동특성 등의 연구가 필요하나 국내의 경우 피난행동특성에 관한 연구는 전무한 실정이다. 또한 고령자시설의 성능적 피난안전설계는 소방 및 피난설비에만 국한되어 있을 뿐, 실제적인 성능설계나 피난계획은 미흡한 실정이다.⁴⁾

따라서 본 연구는 국내의 고령자를 고려한 피난안전

[†] E-mail: xlxxzlx@naver.com

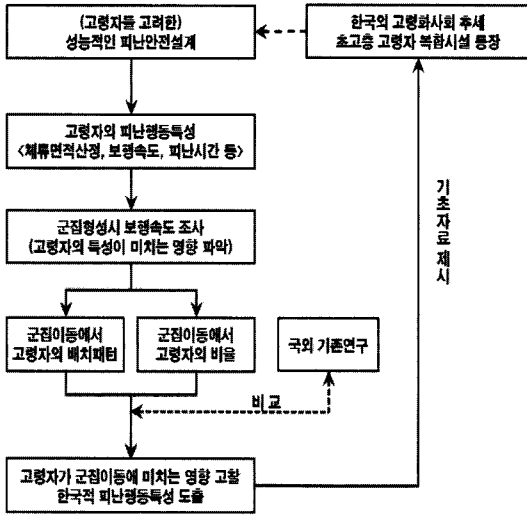


Figure 1. The process of this study.

설계를 위한 피난행동특성 중 일반인과 고령자의 군집형성시의 보행속도의 조사를 실시함으로써 고령자의 특성이 군집이동에 미치는 영향을 고찰하였다.

또한 기존의 연구와의 비교를 통하여 한국적 피난행동특성을 도출하여 향후 국내의 고령자를 고려한 피난안전설계의 기초자료로 제시하는데 그 목적이 있다.

1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구는 고령자를 고려한 성능적 피난안전성능 확보를 위한 기초연구로서 군집형성시 보행속도 조사를 실시하였다. 조사방법 및 계획을 수립한 후, 일반성인과 노인체험장비(이하 시니어)[#]를 착용한 일반인의 자유보행속도조사를 실시하였다. 또한 군집형성시 고령자가 미치는 영향을 파악하기 위하여 군집내 시니어의 수 증가 및 5가지 패턴에 따른 군집보행속도 조사를 기존의 연구와의 비교를 통하여 분석하였다. Figure 1은 본 연구의 프로세스이다.

2. 고령화 추세 및 고령자시설 현황

2.1 고령화 추세

국내는 2018년 전체 노인인구 14.3%로 고령사회가

노인체험장비: 80세 노인의 평균체력과 감각을 느낄 수 있도록 고안된 체형 장치로서 관절의 움직임을 저하시키고, 근력을 쇠약하게 하며, 시각기능의 변화 등을 체험할 수 있도록 만들어진 것이다. 인스턴트 시니어(Instant senior)라고도 하며 본 연구에서는 시니어(Senior)라고 축약한다.

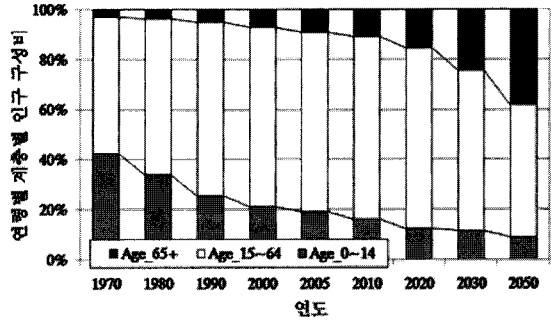


Figure 2. The population composition by age.

되며, 2026년에 들어서면 초고령사회(20.8%)로 진입할 것으로 전망된다. 통계청 보고서에 의하면 0~14세 유소년인구는 2005년 당시 총인구중 19.2%를 차지하고 있으며 지속적인 출산율 감소로 인하여 2010년에 들어서면 16.2%, 2030년에는 11.4%, 2050년이 되면 8.9%의 수준으로 하락될 것으로 전망하고 있다. 또한 15~64세 생산가능인구는 2005년 당시 총 인구 중 71.7% 수준에서 2016년 73.4%를 고비로 2030년 64.4%, 2050년이 되면 53% 수준으로 감소될 것으로 전망하고 있다. Figure 2은 연령계층별 인구 구성비의 추이로 2050년이 되면 국민 총 인구의 대다수의 인구비율을 고령자가 차지할 것으로 전망된다.

Table 1은 주요국가의 인구 고령화 속도를 나타낸 것으로 고령인구 비율이 7%(고령화사회)에서 14%(고령사회)로 도달하는데 걸리는 기간이 18년이며, 초고령사회로 도달하는데 걸리는 기간은 8년에 불과하여 기타 선진국에 비해 빠른 속도로 진입할 것으로 전망된다.

또한 Figure 3의 2005년 UN, World Population Prospects: The 2004 Revision의 인구구조에 관한 국제

Table 1. A Graying Velocity of Population in Main Country

구분	도달 연도			증가 소요 년수	
	7%	14%	20%	7% → 14%	14% → 20%
일본	1970	1994	2006	24	12
프랑스	1864	1979	2018	115	39
독일	1932	1972	2009	40	37
영국	1929	1976	2026	47	50
이탈리아	1927	1988	2006	61	18
미국	1942	2015	2036	73	21
한국	2000	2018	2026	18	8

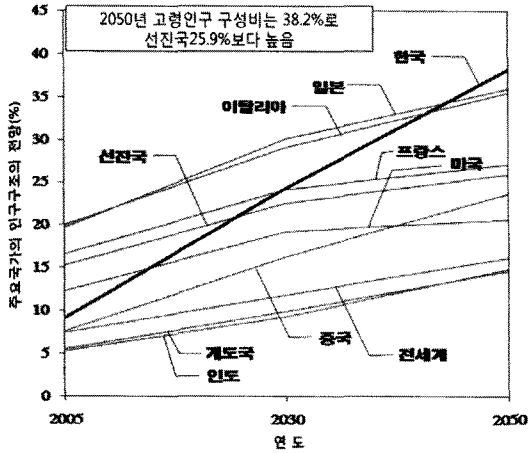


Figure 3. Prospect of structure of population at main country.

비교 결과 추이에서도 볼 수 있듯이 한국은 2005년 당시 65세 고령인구 9.1%로 선진국에 비해 낮지만, 2030년 23.4%, 2050년 38.2%로 선진국의 25.9%보다 높은 수준에 이를것으로 전망된다.

2.2 고령자시설의 현황 및 고층화

고령자시설은 노인주거, 노인의료, 노인여가, 재가노인, 노인보호시설의 다섯가지로 구분되며 노인복지법 제31조로 규정하는 노인생활의 안정을 위한 시설이다. 1997년 노인복지법이 개정되면서 일반주택이 아닌 노인복지시설로 허가된 Silver Town의 건설이 가능해졌으며, 도심과 떨어진 곳에서 건설되던 경향에서 벗어나 최근에는 교통이 편리하고 치료시설과 밀접한 관계를 갖는 도시형 Silver Town이 주류를 이루고 있다.

Table 2는 연도별 노인복지시설의 현황을 나타낸 것으로서 노인복지시설은 2008년 63,919개로 2005년의 56,518개보다 약 11.6% 증가했으며, 노인주거복지시설

Table 2. Welfare Facilities for the Elderly by Year

종류	2005	2006	2007	2008
	시설수	시설수	시설수	시설수
합 계	56,518	59,117	60,788	63,919
노인주거복지시설	282	366	398	347
노인의료복지시설	583	898	1,186	1,832
노인여가복지시설	54,785	56,789	57,777	59,422
재가노인복지시설	851	1,045	1,408	2,298
노인보호전문기관	17	19	19	20

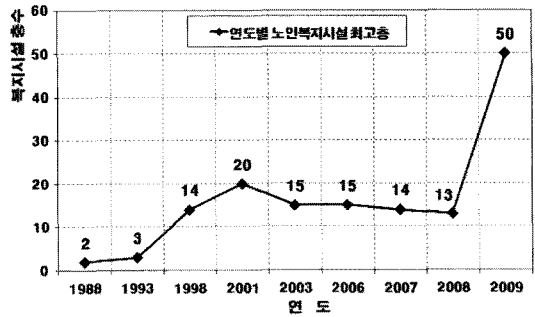
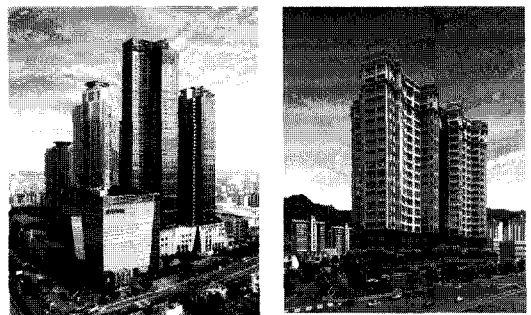


Figure 4. The highest floor of facilities for the elderly by year.



a. The Classic 500 b. Blooming The Classic

Figure 5. High-rise buildings of facilities for the elderly.

또한 2005년 282개에서 2008년 347개로 약 18.7% 증가하여, 향후 국내의 노인복지시설은 꾸준히 증가할 것으로 사료된다.

한국의 최초 Silver Town은 1988년 경기도 수원에 개원한 「유당마을」로 2층의 저층건물이었으나 1998년 지상 14층의 서울 시니어스 타워의 개원을 시작으로 10층 이상의 건축물이 지속적으로 건설되고, 2009년에는 50층의 「The Classic 500」이 축조됨으로서 고령자 시설의 초고층 건축물이 도래하기에 이르렀다.

Figure 4는 연도별 고령자시설의 최고층수이며 Figure 5는 고령자 초고층 건축물의 일례이다.

3. 군집보행속도에 관한 기존문헌 고찰

피난에 있어서의 보행속도는 피난자의 행동능력이나 피난군중의 밀도, 피난경로의 조건 등에 따라 달라진다. 실험이나 관찰의 결과에 의하면 일반적인 성인의 수평한 복도에서의 보행속도는 1[m/s]전후의 범위이지만 고령자나 유아 등 일반성인보다 피난이 난해한 재해약자의 경우에는 그의 반 정도이다.⁵⁾

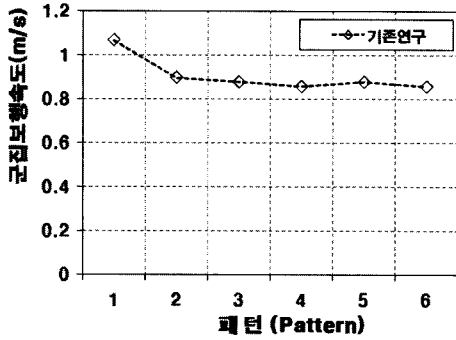


Figure 6. Walking speed of crowd according to pattern.

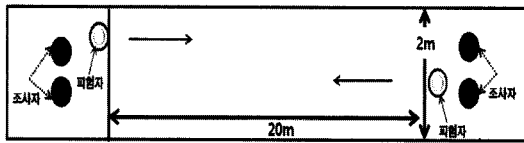


Figure 7. Walking speed of crowd according to the increase in senior population.

Figure 6, 7은 시니어를 이용하여 군집수평보행속도를 실시한 古川容子⁶⁾의 연구결과를 나타낸 것이다. 시니어의 존재가 군집 전체에 미치는 영향을 검토하기 위하여 인원수 및 배치장소를 변화시키고 측정하는 방법을 사용하였다.

연구결과 배치 패턴(Pattern)에 의한 군집 평균 보행속도는 시니어가 전반에 배치되어 있는 패턴 4와 6으로 속도는 0.86[m/s]이다. 시니어의 인원수의 증가에 따른 군집 평균 보행속도를 살펴보면 전체에 시니어 2명이 포함되었을때 0.97[m/s]로 보행속도가 가장 빠르게 나타났고 시니어 9명 포함시 0.75[m/s]로 보행속도가 가장 느리게 나타났다. 시니어의 인원수가 증가함에 따라 보행속도는 감소했으며 인원수의 증가에 따른 시니어의 위치가 미치는 영향이 크다는 결과를 도출하였다.

국내의 경우 고령화사회에 빠른 속도로 진입할것으로 전망되며 고령자시설도 급격히 증가하는 추세지만 이러한 기초연구는 미흡한 실정이다. 따라서 고령자를 대상으로 한 면밀한 조사 및 실험이 진행되어야 할 것으로 판단된다.

4. 고령자를 고려한 군집보행속도에 관한 조사

4.1 조사개요

본 조사는 피험자(대학교 3, 4학년, 평균연령 23.8세)

Table 3. Overview of the Research

	자유보행속도 및 군집보행속도 조사	실제 고령자의 자유보행속도
일시	2010년 7월 7일	2010년 8월 10일
장소	호서대학교 1공학관	서울 A 실버타운
피험자의 연령 및 수	평균 23.8세, 20명(남 18, 여 2)	평균 72.4세, 85명(남34, 여 49)
조사내용	<ul style="list-style-type: none"> 수평공간 40m²(2m × 10m) 설정후, 자유보행속도를 측정후 노인체험장비를 착용하여 자유보행속도를 측정 일반인과 시니어가 혼재한 군집보행속도 측정 	<p>수평공간 20(2m × 10m) 설정후 자유보행속도 측정</p>

20명을 대상으로 기존의 연구와 비교하기 위하여 동일한 조건인 40[m²](2 × 20m)의 수평공간에서 자유보행속도를 측정후 시니어장비를 착용, 자유보행속도를 측정하였다.

자유보행속도 측정 후 군집을 형성하여 고령자의 배치패턴(조사A)과 고령자의 비율 변화(조사B)를 통한 군집보행속도를 조사하였다.

실제 고령자를 동원하여 조사를 하는데 어려움이 있었기 때문에 시니어를 사용하여 조사하였으며, 시니어와 실제 고령자의 차이를 비교하기 위하여 서울 A 실버타운에 거주하는 고령자를 대상으로 자유보행속도를 측정하였다.

Table 3은 본 조사의 개요이다.

4.2 자유보행속도 조사

4.2.1 조사의 방법

수평공간에서 40m²의 수평공간을 구획한 후 피험자 1인 당 왕복 2회(총 4회) 자유보행속도를 실시하였으며, 시니어장비 착용 후 자유보행속도를 측정하였다. 피험자에게는 일정공간의 범위를 벗어나지 못하도록 사전교육을 실시하였다. 피험자의 출발 및 도착장소에

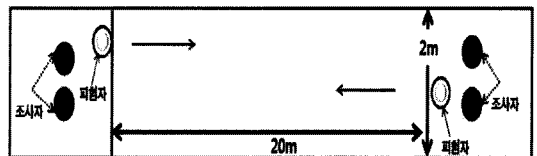


Figure 7. Overview of the research method of free walking speed.

조사자를 두명씩 두었으며 각각의 시간은 타이머를 이용하여 산출하였다.

실제 고령자의 자유보행속도는 20m²의 수평공간에서 실시하였으며 Figure 8은 자유보행속도의 조사방법 개요도 이다.

4.2.2 조사결과 및 분석

일반 자유보행속도 및 시니어장비착용 자유보행속도는 총 80회, 실제 고령자의 자유보행속도는 85회 측정하였다.

조사결과 모든 피험자가 일반 자유보행속도 보다 시니어장비착용 후의 자유보행속도가 평균 약 0.4[m/s] 감소하였으며 평상시의 보행속도는 피난시의 보행속도로 권고되고 있는⁷⁾ 1.5[m/s]에 일부를 제외하고는 가까운 수치로 나타났다.

일반 자유보행속도는 1.24~2.05[m/s]의 범위로 나타났다으며 시니어 자유보행속도는 0.93~1.28[m/s]의 범위, 실제 고령자의 자유보행속도는 0.4~1.41[m/s]의 범위이다. 일반 자유보행속도의 평균값은 1.54[m/s], 시니어 자유보행속도는 1.14[m/s], 실제 고령자 자유보행속도의 평균값은 0.73[m/s]이다.

시니어와 실제 고령자의 속도 차이를 통해 시니어의 타당성을 도출하기 위하여 관계식 $S_v = 0.63 \times iS_v$ 을 도출함으로써 시니어의 타당성을 나타내었다. S_v 는 고령

자 자유보행속도, iS_v 는 시니어의 자유보행속도이다.

Figure 8은 자유보행속도의 결과이며, Figure 9는 시니어와 고령자의 관계식이다.

4.3 군집보행속도 조사

4.3.1 시니어 위치변화(조사 A)에 따른 조사

(1) 조사의 방법

Figure 10은 조사 A의 조사방법 개요도이다.

고령자의 위치가 군집보행행동에 미치는 영향을 검토하기 위하여 수평공간 40m³의 수평공간에서 시니어의 인원수를 8명으로 고정하고 6가지 배치 패턴에 관한 군집보행속도를 측정하였다.

古川容子の 조사방법을 참조하여 10회 실시하였다.

6가지 패턴 중 패턴1은 시니어를 포함하지 않은 일반군집보행이며 Figure 11에 시니어 배치방법을 나타낸다.

(2) 조사결과 및 기존연구 비교

시니어의 위치변화에 따른 군집보행속도 결과를 Figure 12에 나타낸다.

보행속도가 가장 느린것은 패턴4로 0.77~0.86[m/s]의 범위이다. 이러한 결과가 나타난 것은 시니어가 전방에 배치되어 진행방향에 있어 일반인에게 장애물 같은 존재가 되어 전체적인 보행속도를 저하시킨 것이 큰 원인으로 사료된다. 패턴6 또한 2행의 일반인이 1행의 시니어를 추월하고 앞으로 나갈수 있었지만 그 결과 1행의 시니어와 3행의 시니어가 4행과 5행의 일반인에게 장애물이 되어 0.81~0.87[m/s]의 범위로 패턴4에 이

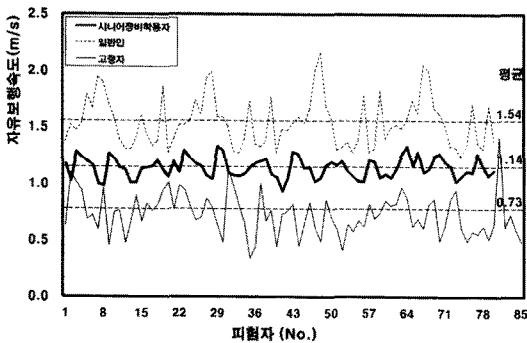


Figure 8. Research results of free walking speed.

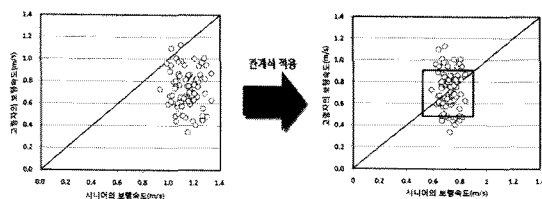


Figure 9. Relational expression of senior and elderly.

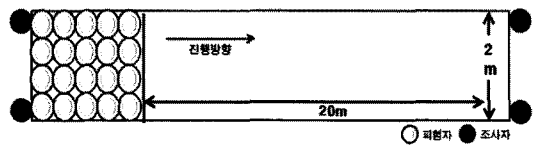


Figure 10. Overview of the research method of research A.

	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D				
1	S	S			S	S	S	S	S	S			S	S	S	S				
2	S	S			S	S	S	S	S											
3	S	S			S	S			S	S	S	S	S	S	S	S				
4	S	S			S	S			S	S	S									
5																				
	Pattern 2				Pattern 3				Pattern 4				Pattern 5				Pattern 6			

S : 시니어

Figure 11. Pattern of senior.

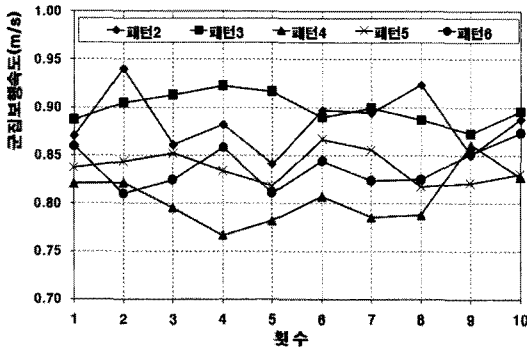


Figure 12. Research A results of walking speed of crowd.

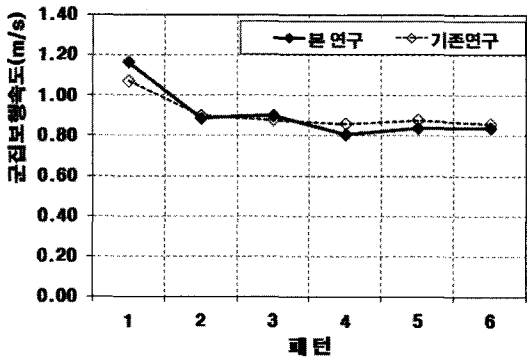


Figure 13. Comparison of research A with other researches.

어 낮은 속도로 측정되었다.

패턴 3은 일반인의 군집보행을 제외한 보행속도 중 가장 빠르게 측정되었으며 이는 시니어가 진행방향의 세로로 배치되어 일반인과 독립적으로 보행하기 때문에 군집 전체의 보행시간이 시니어만으로 결정되었기 때문으로 판단된다.

기존연구와 비교한 결과 전체적인 보행속도의 평균값에서는 미비한 차이를 보였으나 배치패턴에 따른 보행속도는 패턴4에서 가장 느리게 나타나는 동일한 결과를 도출하였다.

Figure 13은 본 연구와 기존연구와의 평균값 비교이다.

4.3.2 시니어 수 변화(조사 B)에 따른 조사

(1) 조사의 방법

시니어의 인원수 차이에 따른 군집보행행동의 변화를 검토하기 위하여 시니어수를 0~10명까지 순차적으로 증가시키는 방법으로 최대 시니어는 총 피험자의 50%이며 조사횟수는 10회 측정하였다. 조사 A의 측정 결과 시니어를 전방 및 후방에 집중적으로 배치했을

때 군집보행의 전체에 미치는 영향이 크다는 것을 알 수 있었기 때문에 대각선 방향으로 배치하는 방법을 선택하였으며 시니어를 배치 조건은 다음과 같다.

1) 진행방향에 있어 시니어가 일반인에게 장애요소가 되는 것을 피하기 위하여 시니어를 앞쪽에 집중적으로 배치 하지 않았다.

2) 시니어를 후방에 배치했을 때 일반인과 시니어의 독립적인 보행이 이루어져 시니어가 군집에 미치는 영향을 검토할 수 없기 때문에 시니어를 뒤쪽에 집중적으로 배치 하지 않았다.

3) 배치방법은 시니어의 수를 번호 순으로 증가시키는 방법으로 시니어가 1명일때는 ①, 시니어가 2명일 때는 ①②에 배치시키는 방법이다.

Figure 14는 조사 B의 조사방법 개요도이며 및 시니어 수 증가 배치 패턴이다.

(2) 조사결과 및 기존연구 비교

시니어의 인원수 차이에 따른 군집보행속도를 측정 한 결과를 Figure 15에 나타낸다. 보행속도가 가장 빠른 것은 시니어의 비율이 0%로 1.10~1.21[m/s]의 범위로 나타났으며 보행속도가 가장 느린 것은 시니어 비율이 50%인 10명이 배치되었을 때로 0.78~0.89[m/s]의

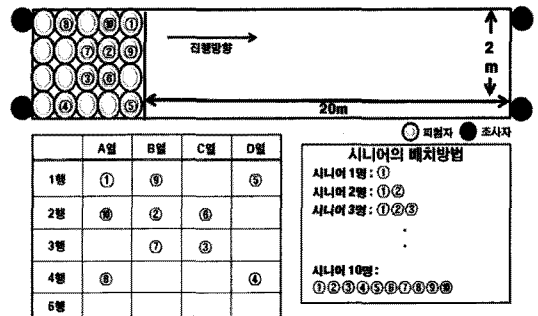


Figure 14. Overview of the research method of research B.

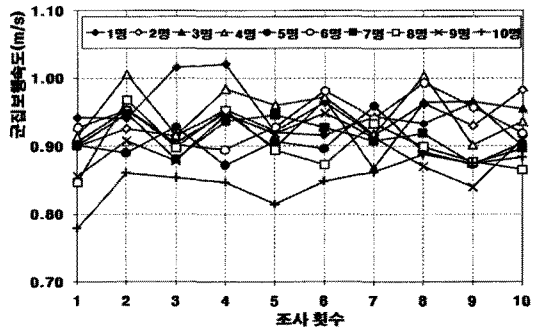


Figure 15. Research B results of walking speed of crowd.

범위이다. 전체에 시니어가 차지하는 비율이 50%에 가까워 질수록 보행속도가 감소하는 경향을 보였다.

또한 집중적으로 배치하는 방법을 피했음에도시니어가 앞쪽에 많이 배치되는 5명 배치, 9명 배치 시에 전체 보행속도가 감소하는 경향을 보여 전체 군집보행에 있어서 시니어의 위치가 미치는 영향이 크다고 판단된다.

이러한 결과를 바탕으로 $v = 1.0784n^{-0.089}$ 의 회귀식을 도출하였으며, 회귀식으로 도출된 식을 바탕으로 시니어 인원을 100%로 가정하였을 때 군집보행속도는 0.83m/s로 측정되었다.

시니어 비율 100%를 4.2의 자유보행속도 측정결과 도출한 관계식에 대입하여 실제 고령자 군집보행속도와 비교한 결과, 실제 고령자의 군집 보행속도와 유사한 것을 도출하였으며 Figure 16은 회귀식과 관계식의 결과값이다.

기존연구와 비교한 결과, 기존연구의 보행속도가 가장 빠른 것은 시니어의 비율이 10%일 때 평균 0.97[m/s], 가장 느린 것은 시니어의 비율이 45%일 때 평균 0.75[m/s]로 나타나 차이를 보였지만 시니어의 비율이 증가할수록 전체적인 군집보행속도가 감소하는 경향을 보여 유사하다고 보여지며 군집의 규모가 커지면 시니어가 미치는 영향이 커 질 것으로 사료된다.

Figure 17은 본 연구와 기존연구의 비교이다.

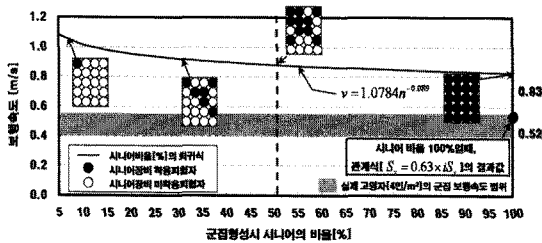


Figure 16. Results of regression equation and relational expression.

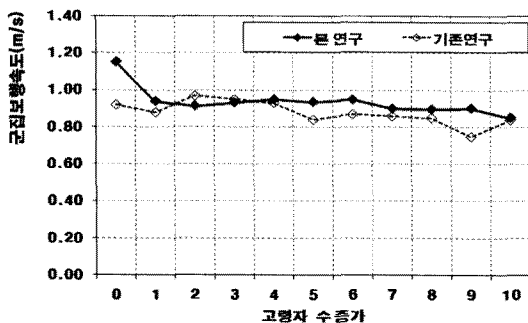


Figure 17. Comparison of research B with other researches.

5. 결론 및 향후계획

고령자의 피난안전을 위한 군집보행에 관한 연구결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 시니어의 위치변화에 따른 군집보행속도 결과 시니어가 전방에 배치된 패턴4의 보행속도가 0.77~0.86[m/s]의 범위, 평균 0.81[m/s]로 가장 늦게 측정되었으며 이는 시니어가 전방에 배치되어 진행방향에 있어 일반인에게 장애물 같은 존재가 된 것으로 사료된다.

2) 군집 전체의 시니어 비율에 따른 보행속도결과 시니어의 비율이 50%인 10명 배치시 0.78~0.89[m/s]범위에서 평균 0.85[m/s]로 가장 늦게 측정되었으며 이 결과를 통해 $v = 1.0784n^{-0.089}$ 의 회귀식을 도출하였으며, 실제 고령자를 통한 실험의 한계성에 대한 시니어장비의 활용에 대하여 관계식 $Sv = 0.63 \times iSv$ 를 도출하였다.

3) 국내는 (초)고령화사회로 빠르게 진입하고 있으며, 이에 대한 대응책으로 노인복지시설이 증가하는 추세이다. 이러한 노인복지시설은 최근고층화되는 경향을 보이고 있지만 피난대상자를 위한 피난안전설계는 소방 및 피난설계에만 국한되어 있을 뿐, 실제적인 성능설계나 피난계획은 미흡한 실정이다. 따라서 건축물 화재시 일반 성인보다 피난이 난해한 고령자를 고려한 피난안전설계 마련이 시급할것으로 사료되며 이러한 피난안전설계를 위하여 본 연구에서는 군집의 분포를 고려한 수평공간의 피난이동시간에 관한 검토를 실시했지만, 향후 수직피난, 피난개시시간, 출구 유동시간 등의 면밀한 실험 등 고령자의 피난행동특성을 고려한 다양한 연구를 통한 DATA 확보 및 E/V피난, 발코니 등의 문제점을 개선할 지속적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 논문은 호서대학교 교내 연구비의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 통계청, “장래인구추계”, pp.40-41(2006).
2. 보건복지가족부, “2009년 노인복지시설현황”.
3. SFPE, “6th International Conference on Performance-Based Codes and Fire Safety Design Methods” (2006).
4. 김윤정, “노인요양시설의 피난계획에 관한 제도 개선 방안 연구”, 서울시립대학교 석사논문(2008).
5. 日本建設省告示, “避難安全檢證法の解説及び計算例と

- その解説”, p.42(2001).
6. 古川谷子外4人, “群集歩行行動における高齢者・身体障害者の影響(その2)”, 日本建築學會(2001).
 7. (財) 日本建築センター, 新・建築防災計画指針(1995).
 8. 서동구, “초고층 복합건축물의 성능기반 피난안전설계를 위한 재실자밀도 및 군집 피난모델의 분석”, 호서대학교 석사논문(2010).
 9. 長谷見 雄二ほか4名, “群集歩行行動における高齢者・身体障害者の影響(その1)”, 日本建築學會(2001).
 10. 호서대학교·보건복지부, “대피 시뮬레이션 시스템 개발을 위한 조사연구-노인복지시설을 대상으로”(2003).
 11. 민경찬, “종합병원 병동부 피난행태분석에 관한 연구”, 충남대학교 박사논문(2006).