

## 성능기준도입을 위한 재해약자의 피난 안전 요소에 관한 연구

김종성\* · 황은경 · 윤호주  
한국건설기술연구원

A study on egress planning safety factor of weak person for PBD

Kim, Jong Sung · Hwang, Eun Kyung · Youn, Ho Ju

KICT

### 요 약

최근 대형화·고층화·복합화 등 점차 발전하는 건축물의 피난 안전성을 확보하기 위하여 성능위주 중심의 피난안전계획이 이루어지고 있다. 그러나 관련 법규의 세부적 기준이 없어 국외 기준에 기반하여 피난안전계획이 진행되고 있다. 특히 신체적 약자로 대변되는 재해약자는 전체 인구 중 17%를 차지하여 점차 증가되는 추세로 그 필요성이 강조된다. 따라서 본 논문에서는 재해약자의 피난 안전성 확보를 위하여 재해약자의 연구 문헌을 검토한 결과 신체적인 장애보다는 장애에 따른 이동 형태에 따라 재해약자의 보행형태를 구분하여 크게 도보를 이용한 자력 이동과 보조기구를 이용한 조력 이동, 보조기구를 이용한 자력 이동으로 구분할 수 있었으며 연령과 장애 모두 영향 인자로 작용하였으며 연령이 높아질수록, 자력 이동이 불편할수록 이동 속도가 저하되는 것으로 분석되었다. 향후 국내의 현실을 반영하여 조사된 내용을 기반으로 실험적 연구가 필요하다.

### 1. 서 론

최근 국내 건축물은 대형화·고층화·복합화 등 발전해가는 건축 환경 변화에 따라 화재 위험성 증가하여 화재와 같은 재해시 재실자의 안전을 확보하는데 어려움이 있다. 소방방재청의 화재 통계에 따르면 2010년 41,863건의 화재 중 건축물의 화재가 약 64.3%를 차지하여 건축물의 화재안전대책이 필요하다고 분석되었다. 이에 건축물에 대한 피난 안전성을 확보하기 위하여 성능위주 중심의 피난안전계획이 이루어지고 있으나 건축물 내 존재하리라 예상되는 수용 인원을 고려함에 있어 많은 어려움이 있다. 특히 신체적 약자로 대변되는 재해약자는 통계청 조사 결과, 2010년 전체 인구 중 약 17%를 차지하여

\* kimwhdtjd@lycos.co.kr

2001년 8.8%을 기준으로 하였을 때 약 193% 증가되어 매우 높은 증가폭을 보이고 있으며 2010년 11월에 일어난 포항 요양원 사고의 경우는 화재에 대한 재해약자의 적절한 피난 대응이 이루어지지 않아 큰 인명피해가 발생한 것으로 확인되었다. 따라서 본 연구에서는 건축물의 화재시 취약한 재해약자의 피난 안전성 확보를 위하여 피난 실험 사전 연구로 피난 속도에 관한 실험 및 연구 사례를 검토하여 최종적으로 성능 기준의 도입을 위한 재해약자의 연구 방향을 도출하는데 목적을 둔다.

## 2. 재해약자의 정의

장애인에 대한 법적 정의는 장애인의 의료·교육·직업재활·생활 환경 개선 등의 장애인 복지대책에 의한 장애인의 자립·보호 및 수당의 지급을 위해 법률상에 정해놓은 기준에 의해 장애인을 ‘법정 장애인’이라고 한다. 그러나 피난 활동에서의 장애인란 신체적 및 정신적 장애를 포함하여야 하지만 연구 방법의 한계로 연령과 신체적 장애인만 고려되고 있다. 유사한 교통약자의 이동편의 증진법에서는 교통약자를 장애인, 고령자, 임산부, 영유아를 동반한 자, 어린이 등 생활을 영위함에 있어 이동에 불편을 느끼는 자로 정의하였다. 따라서 본 연구에서의 재해약자란 신체의 어느 한 부분이 질병 또는 외상, 노령화 등으로 피난시 이동을 요하는 행동에 정상인보다 저하된 신체적 특성을 가지는 사람이라 정의한다.

표 1. 장애인의 정의

대분류	중분류	소분류
신체적 장애	외부 신체기능의 장애	지체장애
		뇌병변장애
		시각장애
		청각장애
		언어장애
		안면장애
	내부기관의 장애	신장장애
		심장장애
		간장애
		호흡기장애
		장루·요루장애
		간질장애
		정신적 장애
정신장애		
발달장애		

## 3. 국내외 재해약자 이동 속도 관련 기존 연구 분석

### 3.1 국내 재해약자 관련 기존 연구

피난 속도는 인간의 보행 속도를 피난이라는 상황 가정 하에 정량 측정된 것을 말하며 피난 상황을 전제하기 때문에 재현성에 있어 높은 신뢰성이 요구된다. 더불어 피난 안전성 평가 수행시 기초적 자료로 활용되고 있어 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으나 재해약자의 경우 아직 많은 연구가 이루어지진 않고 있다. 현재 국내에서 사용되는 데이터들은 대부분 외국의 자료로 서양인과 동양인의 그 체격 조건이 다르며, 특히 피난과 관련이 있는 몸의 폭과 두께, 다리 길이 등과 같은 체격조건은 피난인의 공간 밀집도와 보폭에 의한 보행속도 등에 차이를 가져올 수 있다. 또한 유사한 일본의 데이터는 동일한 동양인이라는 특성을 가지지만 한국인의 것과 유사한지에 대해서는 확인이 필요하며 문화적 차이에 따른 피난 속도가 분명하리라 예상된다. 또한 이러한 데이터들은 모두 건축물에서의 피난이동 상황을 측정된 것으로, 복도와 같은 측면이나 바닥부분에서 속도 저하에 기인할만한 요소는 고려하지 않는 것이다. 국내의 자료는 인간 행태의 역학적 분석을 위하여 보행 속도를 측정하는 경우가 대부분으로 이러한 연구 자료는 피난을 목적으로 하기 보다는 인간의 행동 재현을 목적으로 하고 있으며 피난라는 변수를 고려하지 못하고 있다. 더불어 표준적인 실험 방법이 있지 않아 제 각각의 영향 인자로 인하여 결과물 또한 표준적이지 못하다는 문제점이 있다. 현재 피난시 자유 보행 속도는 한상덕 박사의 연구가 대표적이며 1982년에 한국인의 자유 이동 속도를 약 2,000명 대상으로 측정하였다. 급한 보행, 특수한 신의 착화, 짐의 소유, 어린이의 동반 등 자유보행의 조건을 충족시키지 못한 사람은 조사대상에서 제외하였다. 이는 연령대별 인간의 평균적인 자유 이동 속도를 측정함으로써 피난 안전성 평가 수행시 피난 속도를 반영함에 기준이 되고 있다.

**표 2. 한국인의 자유 이동 속도**

	남성(882명)		여성(874명)	
	평균	표준 편차	평균	표준 편차
60~64세	1.17	6.90	0.99	8.01
65~69세	1.06	6.48	1.00	8.11
70~74세	0.91	7.32	0.92	7.55

또한 신체적 장애로 인하여 이동이 부자유로운 신체적 부적응자는 신체 장애에 따라서 이동 속도에 영향을 받는다. 국내에서의 연구는 보건복지부 수행 연구와 조효구의 연구가 대표적으로 인체의 장애 상태에 따른 평균 이동 속도를 연구하였다. 조효구는 시청각 장애로 인한 피난 속도 저하를 실험을 통하여 결정하였다. 10대 후반의 고등학생 27명을 대상으로 조사한 결과 정상인의 1.74m/s에 비하여 각각 청각장애가 1.13m/s, 시각장애가 1.09m/s로 나타나 정상인에 비해 장애를 가짐에 따라 많은 차이를 보였다. 다른 연구 사례인 호서대학교는 대피 피난 시뮬레이션 구축을 위해 로우 데이터 확보로 의료시설 및 노인복지시설에 실험을 진행하였다. 일반적인 신체적 장애보다는 보행 형태에 따른 장애를 구분하여 결과값을 도출하였다. 이러한 데이터를 기반으로 박재성은 재해약자의 피난

속도를 신체 건강한 남성의 자유보행시 평균 보행속도가 1.5m/s일 때 고령의 노인은 약 70% 수준, 신체장애인은 35% 수준, 여성은 남성의 보행속도에 약 80~90% 수준인 것으로 분석하였다.

**표 3. 고령자의 이동 형태에 따른 이동 속도**

구분	장애상태	평균 이동속도(m/s)
남자	정상 이동	0.67
	허리굽혀 이동	0.48
	지팡이로 이동	0.19
	지방이+벽쪽 손잡이	0.18
	벽짚고 이동	0.07
	휠체어로 뒤에서 밀어 이동	0.95
	부축하여 이동	0.67
여자	뛰어서 이동	0.32
	정상 이동	0.71
	뒷짐 지고 이동	0.34
	다리짚음 이동	0.28
	벽 짚고 이동	0.4
	벽쪽 손잡이 잡고 이동	0.63
	벽짚고 빠른 걸음 이동	0.9
	허리 굽혀 이동	0.25
	지팡이로 이동	0.29
	지팡이+벽쪽 손잡이	0.24
	보행기구로 이동	0.34
	휠체어로 이동	0.11
	휠체어 뒤에서 밀어 이동	0.17

대피 시뮬레이션 시스템 개발을 위한 조사연구(노인복지시설 사례)

### 3.2 국외 재해약자 관련 기존 연구

국내보다 앞서 성능 위주 기준의 도입하고 있는 일본의 경우 서양인의 특성을 바로 반영하기 보다는 동양인의 피난 특성을 반영하기 위하여 관련 연구가 활발히 진행된 바 있으며 이는 국내에서의 많은 연구도 활용하고 있다. 일반적으로 알려진 일본에서의 실험적 데이터는 신체적 특성과 건물에 대한 경험정도, 군집 행동 능력을 변수로 재해약자의 경우에는 0.8m/s와 0.4m/s로 알려져 있다. 일반인과 재해약자는 피난에 정상적인 판단이 이루어진다고 하더라도 신체적 특성에 의하여 차이를 보이기 때문에, 이동 속도는 일반인이 1.2m/s로 정의될 수 있으며 재해약자의 경우에는 각각의 사례나 건축물의 특성에 따라 0.5~0.8m/s까지 정의될 수 있다고 보는 것이 보편적이다.

표 4. 재실자 종류에 따른 이동 속도

종류	예시	군집행동능력			
		평균보행속도(m/s)		유출계수(人/m.s)	
		수평	계단	수평	계단
자력만으로 행동하기 힘든 사람	중병인, 노약자, 유아, 정박아, 신체장애자 등	0.8	0.4	1.3	1.1
건물 내부의 위치, 경로 등에 익숙하지 않은 일반 사람	여관 등의 숙박객, 상점 및 사무실 등의 내방객, 통행인 등	1.0	0.5	1.5	1.3
심신이 건강하며, 경로 등에 익숙한 사람	건물내 근무자, 종업원, 경비원 등	1.2	0.6	1.6	1.4

재해약자자의 피난 속도는 상기 표와 같이 정상인의 1/2 정도의 값을 채용하여 피난계산을 한다. 그러나 현실적으로 피난수단이나 방법에 따라 그 속도에서 크게 차이가 난다. 즉 동일한 노약자 시설이라도 유도체계가 확립되어 있는 장소가 확립되지 않는 장소보다 피난시간을 단축할 수 있다.

병원의 경우 예로 들면 피난속도를 크로스 체크하면 피난기구로 옮겨 타는 시간을 포함하여야 하므로 실제로 이동하는 시간보다 커진다는 점을 유의하여야 한다. 다음은 일본의 병원과 요양시설 등에서 장애인이나 입원환자 등을 대상으로 보행속도, 점유면적 등을 실측한 결과이다. 장애인 등 신체 부자유자의 자력 피난시 수평보행속도는 직원에 비해 1/4 수준에 그치지만, 휠체어, 들 것 등 보조기구를 이용할 때는 착용하는데 요하는 시간과 문 등의 개구부를 통과하는데 요하는 시간이 순수이동시간에 부가적으로 더 걸리게 된다.

표 5. 신체부자유자의 행동 능력

	수평 보행 속도	보조기구 착용에 요하는 시간	개구부의 통과에 요하는 시간	피난행동시 점유면적 (원의 직경)
자력피난이 가능한 사람	0.5			0.5
휠체어 타고 피난하는 사람	[1.5]	[15sec]	[9sec]	0.5[0.7]
들 것에 실려 피난하는 사람	[1.5]	[25sec]	[9sec]	0.5[1.0]
직원(정상인)	2.0			0.5

일본화재소방학회 : 고령자시설을 중심으로 한 화재안전대책에 관한 조사 연구

일본보다 앞서 피난에 대한 연구가 진행되고 있는 서양에서는 노인들뿐만 아니라 장애나 한계를 갖고 있는 대부분의 사람들은 자율성을 유지하며 외출하거나 돌아다니고자 하는 의지를 갖고 있으므로, 건물이 다양한 신체기능을 갖고 있는 사람들에 의해 점유되는 경향이 날로 증대됨에 화재안전설계에 재해약자의 인명안전을 보장하는 수단을 파악하는 노력이 집중되어 왔다. 연령대별 이동 속도를 살펴보면 다음 표와 같이 노인의 이동 속도는 1.3m/s 내외로 나타난다. 그 중 Bohannon의 연구를 보면 연령이 증가함에 따라 이동

속도가 저하하는 것을 증명하였으며 이를 국내 데이터와 비교해볼 때 약 0.3m/s의 차이가 발생한다.

**표 6. 국외 연령별 자유 이동 속도**

	age	men	women
Oberg	60-69	1.277	1.157
	70-79	1.182	1.133
Bohannon	60-69	1.359	1.296
	70-79	1.330	1.272
Van Emmerik	20-30		1.4
	45-55		1.3
	65-75		1.2

또한 장애에 따른 이동 속도 저하는 Ulster 대학의 Fire SERT 연구그룹에서 5일 일정으로 센터를 정기적으로 방문하는 155명의 장애인 참가자를 만났다. 연구대상 장애인들 중 121명은 아무런 도움 없이 이동할 수 있었으며, 34명은 실험 내내 도움을 요청했다. 이에 따른 결과를 살펴보면 다음과 같다.

**표 7. 국외 장애인 수평면 이동 속도**

조사대상(인원)	평균(m/s)	표준편차(m/s)
모든장애인(n=107)	1.00	0.42
운동장애인(n=101)	0.80	0.37
보조기구 미사용자(n=52)	0.95	0.32
목발 사용자(n=6)	0.94	0.30
지팡이 사용자(n=33)	0.81	0.38
보행보조기(n=10)	0.57	0.29
운동비장애인(n=6)	1.25	0.32
전동휠체어(n=2)	0.89	-
수동휠체어(n=12)	0.69	0.35
수동휠체어(조력)(n=16)	1.30	0.34
조력이동(n=18)	0.78	0.34

국내와 마찬가지로 신체적인 장애보다는 장애에 따른 이동 형태를 중점적으로 조사하였으며 보조기구에 따라서 이동 속도가 다양하게 변화되었다. 운동비장애인이 1.0m/s의 이동 속도를 가지지만 이동 보조 수단에 의하여 최저 0.57m/s에서 최고 1.3m/s의 범위를 가지는 것으로 나타났다. 특히 조력자를 가진 수동 휠체어의 경우 단독으로 대피하는 비장애인보다 높은 이동 속도를 가져 화재 피난시 재해약자에 대한 조력자의 유무가 큰 영향을 미치는 것으로 분석되었다.

### 3.3 국내외 연구 사례에 따른 재해약자 연구 방향 고찰

본 연구에서는 건축물의 화재 피난시 재해약자 피난 안전성 확보를 위하여 연구 방향 설정을 목적으로 재해약자의 이동 속도 관련 연구 문헌을 분석하였다. 조사 결과 각 연구의 실험 방법에 따라 조사된 이동 속도가 많은 차이를 보였으며 이에 대한 표준적인 실험 방법의 필요성이 제기되었다. 또한 재해약자의 보행 속도 조사에 있어서 신체적인 장애보다는 장애에 따른 이동 형태에 따라 분류되고 있어 재해약자를 분류할 때 이동 수단을 고려해야 함이 분석되었다. 조사된 문헌에서는 재해약자의 이동 수단은 크게 도보를 이용한 자력 이동과 보조기구를 이용한 조력 이동, 보조기구를 이용한 자력 이동으로 구분할 수 있었다. 보조기구로는 대부분 휠체어, 이동용 보조기구를 활용하고 있었으나 조력자의 여부에 따라 이동 속도에 큰 차이를 보였으며 일본, 미국 등의 연구 사례에 의하면 보조기구를 활용할 경우 그에 따른 착용 지체 시간이 발생하였다. 또한 보조 기구를 이용한 조력 이동 시 일반인과 근사한 이동 속도를 보여 피난 대응에 있어 추가적인 연구의 필요성이 제기되었다.

이동 속도를 종합하였을 때에는 일반인 자력이동  $\geq$  보조기구 활용 조력 이동  $>$  자력 이동  $\geq$  보조기구 활용 자력 이동 순으로 조사되었으며 향후 이러한 분류에 따른 국내 데이터의 확보 등에 연구를 진행할 예정이다. 또한 장애자에 대한 연구 방법의 한계로 대부분의 연구 문헌이 신체적 특성을 정량화함에 중점적이었으며 정신적 장애를 고려한 의사 결정 과정 모델에 대한 추가적 연구가 필요하다고 분석된다.

## 4. 결론

본 연구에서는 건축물의 화재시 취약한 재해약자의 피난 안전성 확보를 위하여 피난 실험 사전 연구로 피난 속도에 관한 실험 및 연구 사례를 검토하여 최종적으로 성능 기준의 도입을 위한 재해약자의 연구 방향을 다음과 같이 도출하였다.

- 1) 재해약자란 신체의 어느 한 부분이 질병 또는 외상, 노령화 등으로 피난시 이동을 요하는 행동에 정상인보다 저하된 신체적 특성을 가지는 사람이라 정의할 수 있었다.
- 2) 재해약자의 보행 속도 조사에 있어서 신체적인 장애보다는 장애에 따른 이동 형태에 따라 분류되고 있어 재해약자를 분류할 때 이동 수단을 고려하며 크게 도보를 이용한 자력 이동과 보조기구를 이용한 조력 이동, 보조기구를 이용한 자력 이동으로 구분할 수 있었다.
- 3) 실험 사례 모두 연령과 장애 모두 영향 인자로 작용하였으며 연령이 높아질수록, 자력 이동이 불편할수록 이동 속도가 저하되는 것으로 분석되었으며 분석된 이동 수단에 따라 분류할 때에는 일반인 자력이동  $\geq$  보조기구 활용 조력 이동  $>$  자력 이동  $\geq$  보조기구

활용 자력 이동 순으로 조사되었다.

향후 국내의 현실을 반영하여 조사된 내용을 기반으로 실험적 연구를 진행할 예정이며 최종적으로 건축물 내 재해약자의 피난 안전성 확보함에 연구를 진행할 예정이다.

## 참고 문헌

1. 한국건설기술연구원. “표준 화재 모델에 따른 화재확대방지 및 피난안전설계기술 개발”보고서
2. 이강훈(2003). “건축방재계획론”
3. 박재성(2004). “건축물 화재시 피난행동을 고려한 피난예측 모델에 관한 연구” 학위논문
4. 일본화재소방학회. “고령자시설을 중심으로 한 화재안전대책에 관한 조사 연구”
5. 배영상(2007). “보행스피드에 대한 상체 공헌도의 연령에 따른 변화”
6. 윤석훈(2007). “노인의 보행보조기구 사용 보행시 보행패턴의 변화연구”
7. 서동구 외(2009). “건축물 화재 시 재해약자의 피난안전성에 관한 연구”
8. 김종훈 외(2009). “철도차량에서의 지체장애인 피난 실험”
9. Richard W.Bohanon(1997). “Comfortable and maximum walking speed of adults aged 20-79 years”
10. Rosalie B. Lopopolo(2006). “Effect of therapeutic exercise on gait speed in community-dwelling elderly people”
11. R.E.A. Van Emmerik(2004). “Age-related changes in upper body adaptation to walking speed in human locomotion”
12. SFPE HandBook
13. 일본 피난안전검증법
14. 교통약자의 이동편의증진법