

## 안전약자 상층 대피 지원에 관한 실험적 연구

이지향\* · 이효정\*\* · 권진석\*\*\*† · 박상현\*\*\*\*

# A Experimental Research on Stair Ascent Evacuation Support for Vulnerable People

Ji Hyang Lee\* · Hyo Jeong Lee\*\* · Jin Suk Kwon\*\*\*† · Sang Hyun Park\*\*\*\*

### †Corresponding Author

Jin Suk Kwon

Tel : +82-52-928-8143

E-mail : kwonzone@korea.kr

Received : August 2, 2018

Revised : October 22, 2018

Accepted : December 19, 2018

**Abstract** : This study is aiming to compare stair ascent transportation speed and physical burden of evacuation supporters according to the types of stair ascent transportation for vulnerable people experimentally. In this study, we measured heart rate of the supporters to indicate physical burden during the transportation. The subjects of this experiment were male students, age of 20-26. Experimental conditions were the ways of stair transportation and the weight of vulnerable people. The types of stair transportation were giving a piggyback ride and carrying a wheelchair. Each experimental trial was video-recorded for measurement of ascent speed and observing supporters movement. As a result of the experiment, as for the ascent transportation speed by piggyback ride from the first floor to the fourth floor, the average speed of the light case is 31 seconds and for the heavy case is 43 seconds. When it comes to the average speed of wheelchair transportation's average speed the light case is 1 minute and 11 seconds and the heavy case is 1 minute and 49 seconds. Therefore, it was indicated that when the weight of a vulnerable people is lighter, the transportation speed is faster. The heart rates of evacuation supporters are different depending on transportation methods or individual's condition but as repetitive transportation increases, they tend to reach the maximum heart rates.

Copyright©2019 by The Korean Society of Safety All right reserved.

**Key Words** : vulnerable people, evacuation supporter, stair ascent evacuation, evacuation speed, physical burden

## 1. 서론

초고층 건축물에서 화재가 발생하는 경우 피난용 승강기를 주요 대피수단으로 활용하고 있으나 이는 정해진 피난 안전층과 1층만을 셔틀식으로 운영하는 방식으로 대피를 위해서는 정해진 피난층까지 가야한다. 이에 발화층과 대피자의 위치, 피난층의 위치에 따라서 계단을 올라 상층으로 대피해야하는 상황이 발생하기도 한다.

지하공간에서의 화재발생 상황 또한 계단을 이용한 상층 대피가 요구되며, 쓰나미 내습 상황·호우·홍수

와 같은 침수상황에서도 고지대 또는 건축물 상층으로의 대피가 요구된다. 이때, 안전약자의 경우 대피에 많은 시간이 소요되며, 특히 자력으로 대피가 곤란한 고령자, 장애인과 같은 안전약자는 대피 지원자의 지원을 필요로 한다. 안전약자는 재난약자, 재해약자, 취약계층으로도 표현되며 재난으로부터 피해를 입기 쉽거나 피해로부터 복구가 어려운 사람 또는 계층을 표현하는 것<sup>1)</sup>으로, 본 연구에서는 장애인과 65세 이상의 고령자에 초점을 맞추었다.

타인의 대피지원을 요하는 안전약자 대피의 경우 대피 지원 방법에 따라 계단실 내에서의 양방향통행이 어

\*국립재난안전연구원 안전연구실 책임연구원 (Safety Research Division, National Disaster Management Research Institute)

\*\*국립재난안전연구원 안전연구실 연구원 (Safety Research Division, National Disaster Management Research Institute)

\*\*\*국립재난안전연구원 안전연구실 선임연구원 (Safety Research Division, National Disaster Management Research Institute)

\*\*\*\*국립재난안전연구원 안전연구실 연구관 (Safety Research Division, National Disaster Management Research Institute)

려운 상황이 발생하게 되며, 이는 전체 대피상황 및 대피완료 시간에 영향을 준다.

이에 안전약자의 대피 상황을 가정한 대피 시뮬레이션 연구가 수행되어 왔다. 구정인<sup>2)</sup> 등은 고층빌딩에서의 장애인의 계단대피 시뮬레이션 연구를, 김종성<sup>3)</sup>은 계단에서의 보행이 가능한 안전약자와 일반인을 대상으로 대피 시뮬레이션 연구를 진행하였다. 정태호<sup>4)</sup>는 대피 시뮬레이션을 활용한 안전약자 수직 대피 개선방안에 대해 연구하였다. 그러나 기존의 연구는 안전약자의 상층 대피 지원이 아닌 계단을 내려가는 대피 상황으로 안전약자들이 상층으로 대피하는 상황에 대한 연구는 없었다. 또한, 기존의 연구는 안전약자의 대피 지원에 걸리는 소요시간이나 대피지원자에 대한 신체 부하를 파악할 수 없다는 한계가 있다.

이에 본 연구에서는 최적의 대피계획 수립을 위한 기초연구 수행을 목적으로 안전약자의 상층 대피 지원 상황을 재현하는 실험을 실시하였다. 실험을 통해 대피 지원 방법별 대피 속도를 규명하고, 심박측정을 토대로 신체 부하를 파악하고자 한다.

## 2. 안전약자 대피 지원 실험

### 2.1 실험장소와 피험자

본 실험은 2013년 12월부터 2014년 5월에 걸쳐 실시하였다. 실험을 실시한 날의 기온은 최고기온 19.0℃, 최저기온 3.6℃로 실험결과에 영향을 줄 가능성이 있는 추위와 더위는 없었다.

실험은 일본 고베대학교 공학부 스튜디오동의 실내 계단에서 실시하였으며, Fig. 1에 실험에 사용한 계단의 형태를 나타내었다.

이 실험의 피험자는 20살~26살의 남학생 38명(대피 지원자역 34명, 안전약자역 4명)이다. 대피 지원자역의 피험자는 하나의 실험에만 참여, 안전약자역의 피험

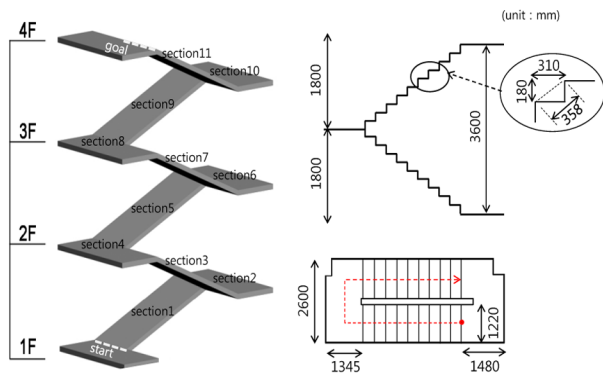


Fig. 1. The shape of the stairs used the experiment.

자는 반복하여 실험에 참여하였다. 피험자 복장은 평상복이며, 모든 피험자의 건강상태는 양호하여 실험에 영향을 끼치는 신체적 장애는 없었다. 본 실험은 안전약자 계단 대피 지원 시의 속도를 구하는 것을 목적으로 안전약자역의 움직임은 실제 안전약자 지원 상황과 동일하도록 재현하였다.

### 2.2 대피 지원 방법과 실험 순서

#### 2.2.1 대피 지원 방법과 안전약자 설정

안전약자를 업거나 휠체어를 들어 대피 지원을 할 때, 위치나 방법에 따라 대피 속도에 영향을 줄 가능성이 있으므로 사전에 안내하여 대피 지원 방법을 동일하게 하였다.

이 실험에서는 안전약자의 체중에 따라 대피 지원자가 받는 신체적 부담을 파악하기 위해, 안전약자의 체중을 변수로 설정, 무거운 케이스와 가벼운 케이스의 안전약자를 섭외하였다. e-stat 총무성 통계국<sup>5)</sup>의 2011년도 체력·운동능력 조사 데이터에 기초하여 무거운 케이스는 65세 이상의 남성 평균체중 62.04 kg, 가벼운 케이스는 65세 이상 여성의 평균체중 51.25 kg으로 하였다. 실험에 사용한 휠체어의 무게는 17.9 kg으로, 세부 수치는 Fig. 2와 같다.

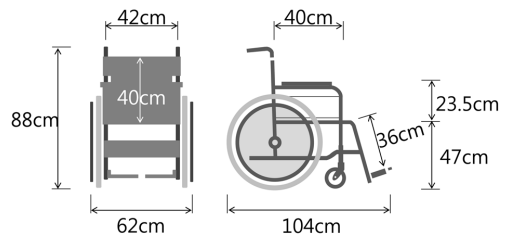


Fig. 2. Shape of wheelchair used for evacuation support.

#### 2.2.2 실험 순서

실험은 업는 대피, 휠체어 대피로 다음의 순서에 따라 실시하였다(Fig. 3). 실험 시나리오 및 대피지원 방법은 실제 종합병원에서 사용하는 대피훈련 시나리오를 토대로 작성하였다.

- ① 안전약자의 계단 대피 지원 시 심박변화를 파악하기 위해, 심박박동계를 지원자역인 피험자에게 부착했다.
- ② 지원 방법을 동일하게하기 위해, 지원 방법에 대해서는 사전에 안내하였다.
- ③ 피험자에게 실험상황을 동일하게 적용하기 위해 재난상황 영상을 5분간 보여주고 안전약자의 대피를 지원하도록 했다.
- ④ 피험자는 대피 지원 개시 신호에 대피를 개시한다.

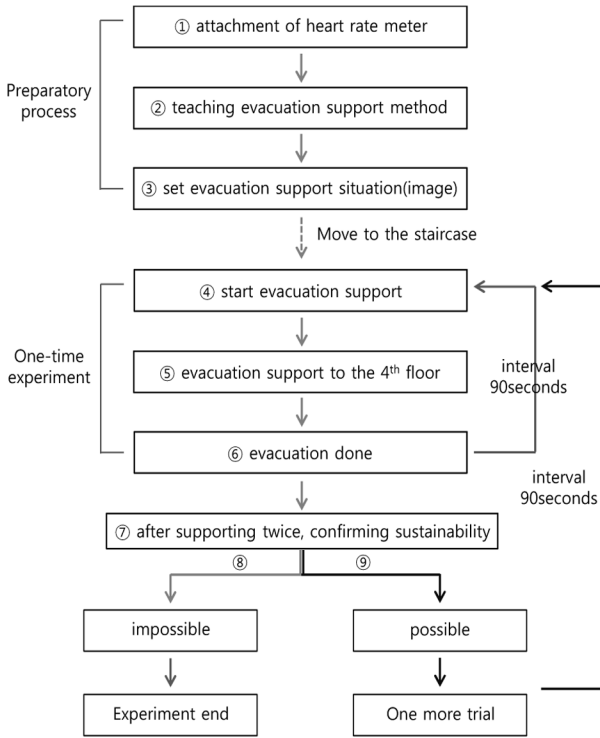


Fig. 3. Procedure of evacuation support experiment.

- ⑤ 4층까지 계단을 올라 대피 지원을 실시한다. 이때 피험자에게는 가능한 빠른 속도로 안전약자 대피를 지원할 것을 요청했다.
- ⑥ 4층에 도착하여 안전약자역을 내린 시점부터 1분 30초가 경과한 시점에서 다시 한번 ④~⑤을 반복한다.
- ⑦ ④~⑤을 2회 마친 후 앞으로 2회 더 대피 지원이 남아있으며, 무리 없이 가능한지 의사를 물었다.
- ⑧ 피험자가 명확하게 가능하다는 의사표현이 없는 경우 실험을 종료했다.
- ⑨ 피험자가 명확하게 가능하다고 대답한 경우에 한해, 한번 더 순서 ④~⑤을 실시했다. ⑦에서 피험자의 안전을 위해 2회 더 남아있다고 안내하였으나 실제 대피지원 횟수는 3회로 종료하였다.

**2.2.3 시행횟수와 인터벌 설정**

업는 대피는 대피 지원자역 1명이 안전약자역 1명을 업어 대피 지원하는 것으로 가벼운 케이스 5명, 무거운 케이스 5명, 총 10명(10회)이 실험을 진행하였다.

휠체어 대피의 경우, 대피 지원자역 4명이 한 팀이 되어 안전약자역 1명의 대피를 지원하는 것으로 가벼운 케이스 3팀, 무거운 케이스 3팀으로 총 6팀이 실시하였다.

인터벌은 1층에서 4층까지 대피 지원 완료 후, 안전

Table 1. Attribute of subject

Giving a piggyback ride					
Evacuation supporter	Height (cm)	Weight (kg)	Vulnerable people	Number of times	
Test subject1	173	55	Case of light	2	
Test subject2	169	60		51.25	2
Test subject3	170	63		3	
Test subject4	171	64		3	
Test subject5	173	70		3	
Test subject6	182	83	Case of heavy	2	
Test subject7	176	62		62.04	2
Test subject8	165	70		2	
Test subject9	173	65		2	
Test subject10	175	60		3	
carrying a wheelchair					
Evacuation supporter	Height (cm)	Weight (kg)	Vulnerable people	Number of times	
Team1	173	60	Case of light	3	
Team2	171	54		51.25	3
Team3	170	57		3	
Team4	169	64	Case of heavy	3	
Team5	167	53		62.04	3
Team6	174	66		3	

약자역을 내린 지점부터 1분 30초를 적용하였다. 이때, 인터벌이 적용된 시점부터 가능한 빠른 속도로 1층으로 돌아가도록 안내했으며, 다음 개시까지 휴식을 취하도록 했다. 인터벌 종료 10초 전부터 카운트 다운하여 0초가 되면 대피지원 개시 신호를 주어 대피 지원을 하도록 했다.

이러한 조건을 토대로 대피 지원을 실시한 피험자의 속성은 Table 1과 같다. 업는 대피는 대피를 지원하는 피험자 개인의 속성이며, 휠체어 대피 지원자는 팀별 평균 체중과 신장으로 제시하였다.

**2.3 측정 방법**

**2.3.1 심박수 측정**

지원자역의 피험자에게 심박계를 장착하여 안전약자 대피 지원시 심박수의 변화를 파악했다. 실험에서 사용한 심박계는 POLAR사의 RS400으로 송신기를 흉부에 부착하여 시계타입의 심박측정기를 통해 데이터를 수신·기록했다. 심박계에 의한 심박기록은 피험자 개인의 신장과 체중 설정·입력을 토대로 5초 간격으로 순간 심박수를 측정하여 피험자 속성 및 대피지원에 따른 신체부담의 정도를 파악했다. 기록된 심박수는 적외선 통신을 통해 데이터를 추출하여 피험자별·대피지원 방법별로 구분·통계를 산출하였다.

2.3.2 대피 소요시간 측정

실험과정은 고정카메라에 의한 촬영과 추적촬영을 통해 기록, 대피 지원 소요시간은 촬영한 영상을 통해 측정했다. 대피 지원자가 계단을 오르기 시작하는 시점, 계단참에 도착하는 시점, 다시 계단을 오르기 시작하는 시점을 기준으로 측정 구간 및 측정 타이밍을 Table 2에 제시하였다. 수직거리는 계단의 수직방향의 거리(높이), 수평거리(계단참)는 계단참의 중심축을 이은 3개의 동선(Fig. 1 참조)의 합으로 측정구간은 Fig. 4와 같다.

Table 2. Measurement section and measurement timing

Section	Distance(m)	Measurement timing
Section1	1.8	Go up stairs→arrive at a landing space
Section2	2.725	Turn a landing space
Section3	1.8	Go up stairs→arrive upstairs
Section4	2.86	Turn the landing on the floor
Section5	1.8	Go up stairs→arrive at a landing space
Section6	2.725	Turn a landing space
Section7	1.8	Go up stairs→arrive upstairs
Section8	2.86	Turn the landing on the floor
Section9	1.8	Go up stairs→arrive at a landing space
Section10	2.725	Turn a landing space
Section11	1.8	Go up stairs→arrive upstairs

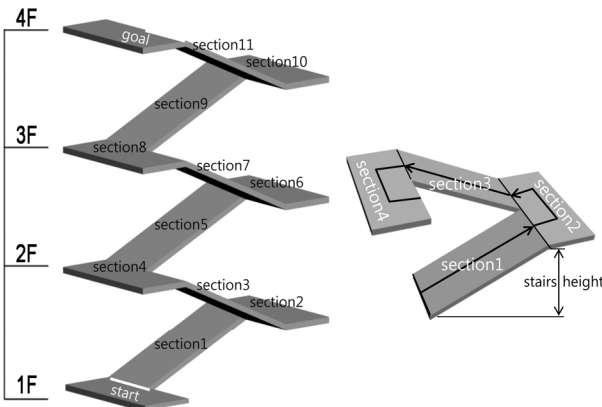


Fig. 4. Measurement section of evacuation required time.



Fig. 5. circumstances at the time of the experiment.

3. 안전약자 대피 지원 실험 결과

3.1 대피 지원 방법에 따른 소요시간

실험은 1층에서 4층까지 3회 반복하여 대피 지원하는 것을 기본으로 하였으나, 피험자의 안전을 고려하여 2회 지원 완료 후 피험자에게 실험 지속여부를 물어 3회 실험 실시를 결정하였다. 그 때문에 휠체어 대피 실험의 피험자가 3회까지 대피 지원 완료한 것에 반해, 엮어서 대피 지원하는 경우, 3회까지 지원 완료한 피험자 비율은 가벼운 케이스가 60%, 무거운 케이스는 20%에 불과했다. 피험자별·대피지원 방법별 대피완료시간은 다음 Table 3과 같다.

Table 3. Time required for evacuation support

Giving a piggyback ride					
Evacuation supporter	Case	First time	Second time	Third time	Average
Test subject1	Case of light	40s	40s	-	40s
Test subject2		28s	32s	-	30s
Test subject3		27s	28s	34s	30s
Test subject4		27s	31s	34s	31s
Test subject5		26s	26s	27s	26s
Test subject6	Case of heavy	37s	44s	-	41s
Test subject7		52s	51s	-	52s
Test subject8		55s	57s	-	56s
Test subject9		37s	36s	-	37s
Test subject10		42s	40s	39s	40s
carrying a wheelchair					
Evacuation supporter	Case	First time	Second time	Third time	Average
Team1	Case of light	64s	63s	60s	62s
Team2		84s	79s	85s	83s
Team3		64s	73s	63s	67s
Team4	Case of heavy	166s	127s	107s	133s
Team5		95s	118s	91s	101s
Team6		86s	82s	107s	92s

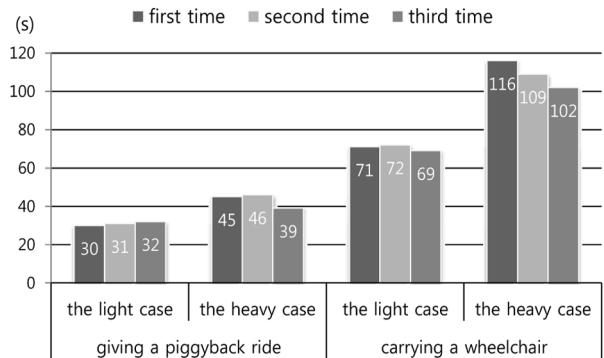


Fig. 6. Average evacuation rate by evacuation support method.

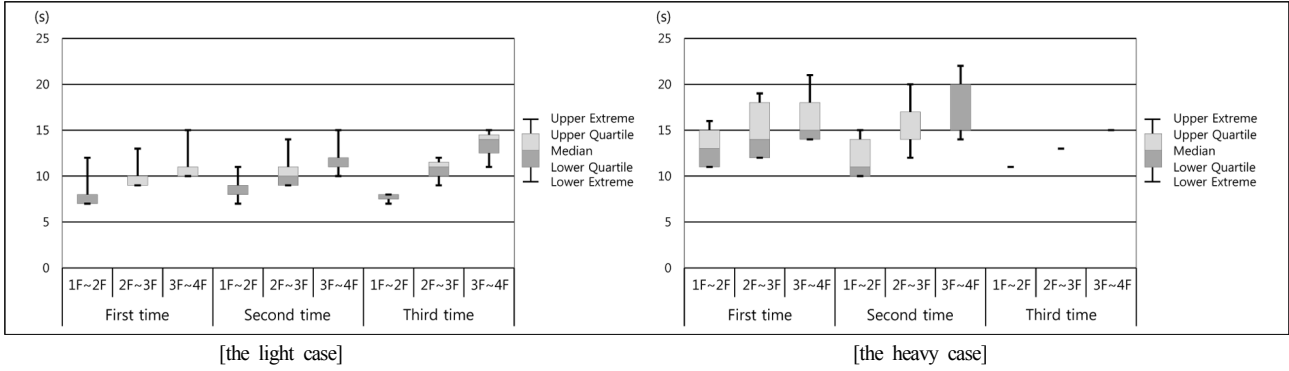


Fig. 7. Evacuation required time by floor—giving a piggyback ride.

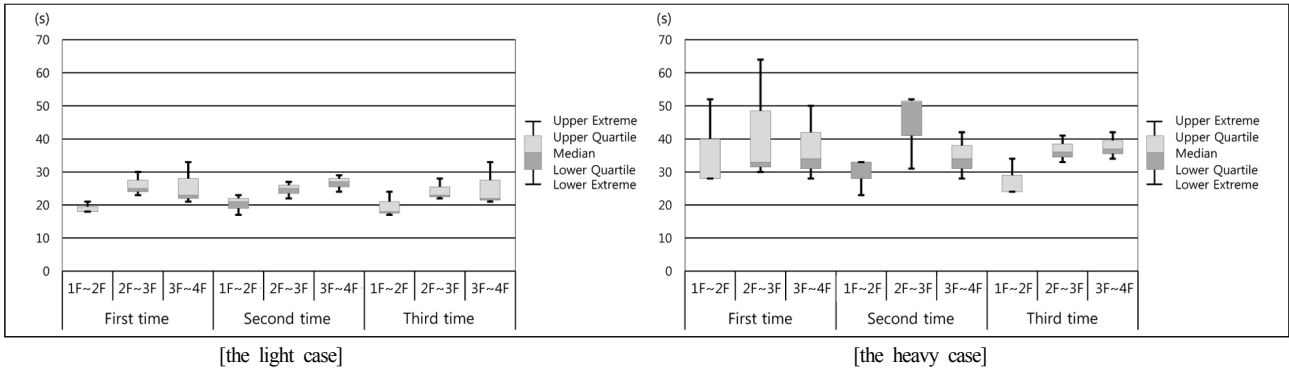


Fig. 8. Evacuation required time by floor—carrying a wheelchair.

대피지원 완료에 소요되는 시간은 피험자 개인속성과 대피지원 방법에 따라 차이가 크며, 안전약자의 체중이 무거운 경우, 가벼운 경우와 비교하여 보다 많은 시간을 필요로 했다. 대피 지원 방법에 따른 평균 소요 시간은 업는 대피는 가벼운 케이스가 평균 31초, 무거운 케이스가 평균 43초였다. 휠체어 대피는 모든 경우에 매회 1분 이상의 시간이 걸렸다. 대피소요 시간이 가장 짧은 것은 가벼운 케이스로 1층부터 4층까지 1회 대피완료에 1분 정도의 시간이 소요되었다. 이에 반해 소요 시간이 가장 긴 것은 무거운 케이스로 첫 회 대피 완료에 2분 46초가 걸렸다. 휠체어 대피의 경우, 1회 대피완료에 걸리는 평균 시간은 가벼운 케이스가 1분 11초, 무거운 케이스가 1분 49초이다. 대피 지원 방법 별 각 회 평균 소요시간은 Fig. 6과 같다.

Fig. 7, 8은 대피지원 방법별 소요시간을 박스플롯으로 나타낸 것으로 각각의 계단 대피 지원 시간에 대해 최소값, 제1사위분(25%), 중앙값(50%), 제3사위분(75%), 최대값의 5개 요소로 데이터 분포를 나타냈다. 업어서 대피를 지원하는 경우의 층별 최대 소요시간은 가벼운 케이스가 15초, 무거운 케이스가 22초이며, 휠체어의 경우 최대값이 가벼운 케이스가 33초, 무거운 케이스가 64초로 대피 지원방법과 안전약자역의 체중에 따라

소요시간에 큰 차이가 있는 것을 알 수 있다. 또한, 전반적으로 상층으로 올라갈수록 소요 시간이 길어지는 경향을 보였다.

### 3.2 대피 지원 방법에 따른 피험자 심박변화

실험에 앞서 피험자의 평시 심박수를 측정하기 위해 송신기와 심박계를 장착하여, 휴식을 취하며 평시 심박수를 측정하였다. 피험자 평시 심박수는 65~92 bpm으로 개인별로 차이가 있으나 평균 80 bpm으로 나타났다. 건강한 성인 남성의 평시 심박수는 60~80 bpm으로 실험결과에 영향을 주는 특이 케이스는 없었다.

본 실험에서는 피험자의 심박수 측정을 통해 신체에 느껴지는 부담의 정도를 파악했다. 운동강도가 클수록 요구되어 지는 산소가 많아지며, 헤모글로빈이 더 많은 혈액의 공급을 위해 심장이 빨리 뛰면서 심박수가 증가함에 따라 심박수를 통해 부하의 정도를 파악했다.

운동시에 대피 지원시 피험자 심박수 변화는 Fig. 9, Fig. 10과 같다. 점선이 안전약자역의 체중이 가벼운 케이스, 실선이 무거운 케이스이다. 심박수는 대피 준비 시점부터 3회 반복 지원 완료한 시점까지 제시하고 있다. 심박수는 대피 지원 방법이나 개인에 따라 차이가 있으나 전반적으로 1회 대피 지원시 급격히 증가,

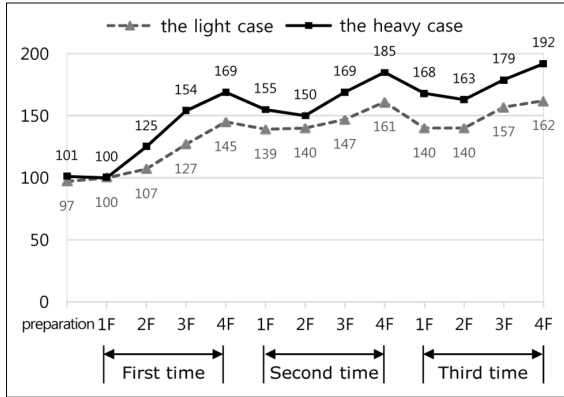


Fig. 9. Subject's heart rate of giving a piggyback ride.

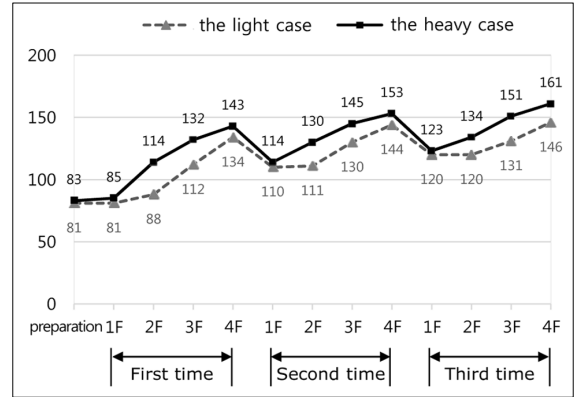


Fig. 10. Subject's heart rate of carrying a wheelchair.

인터벌 때 휴식을 취하면서 감소하다가 2회째 이후 순차적으로 더욱 증가하는 경향을 보였다. 또한, 반복 지원할수록 최대심박수에 도달하는 것을 알 수 있다. 이는 심박수의 평균을 통해 도출한 결과로, 피험자 개인의 심박수 또한 동일한 양상을 보였다.

대피 지원 방법별로 보면, 피험자 심박수는 휠체어 대피보다 업어서 대피를 지원할 때 더 높게 나타났다. 3회 대피지원 후 최대심박수에 도달하여, 피험자 최대

심박수는 무거운 케이스에서는 192, 가벼운 케이스는 162로 도출되었다. 이 심박수는 휠체어와 비교하면 상대적으로 높아, 업어서 대피 지원할 때 피험자에게 신체부담이 큰 것을 알 수 있다.

이에 반해, 휠체어는 안전약자의 체중을 4명에서 부담하므로 상대적으로 신체적 부담은 적은 것으로 사료된다. 휠체어 대피의 경우 무거운 케이스에서 피험자의 평균 심박수가 더 높아, 안전약자의 체중에 따른 신

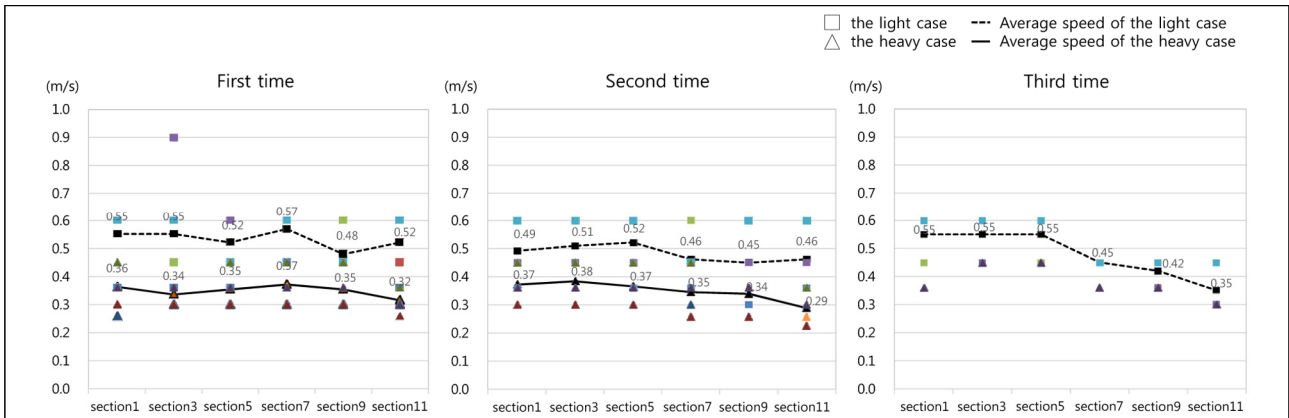


Fig. 11. Evacuation rate due to rising stairs-giving a piggyback ride.

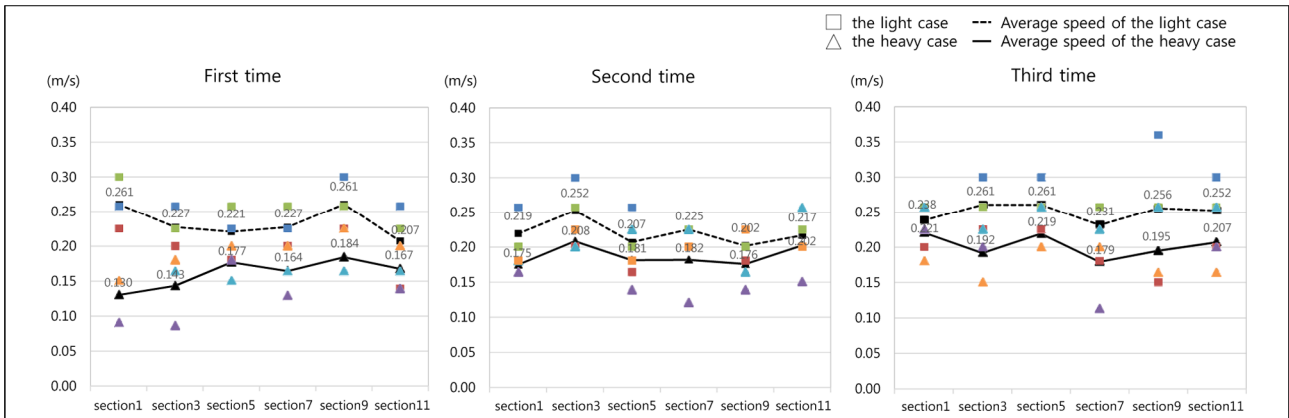


Fig. 12. Evacuation rate due to rising stairs-carrying a wheelchair.



체부담이 큰 것으로 사료된다. 부하에 따른 신체변화로는 숨이 찬다, 땀이 나고 피로감이 느껴진다, 다리가 아프다 등의 의견이 있었다.

### 3.3 대피 지원 방법에 따른 수직 대피 속도

대피지원 방법별로 피험자가 계단을 오르는 수직 대피 속도를 산정하여, 대피지원 횟수별·구간별(Fig. 1 참조) 계단 상승 속도 그래프를 Fig. 11, Fig. 12에 제시하였다. Fig. 11, 12의 구간별 평균속도는 점선이 안전약약자의 체중이 가벼운 케이스, 실선이 무거운 케이스이다.

출발지점인 구간 1의 평균속도와 도착지점인 구간 11의 평균속도를 비교해보면, 업어서 대피 지원하는 경우 안전약약자의 체중에 관계없이 상층부의 속도가 떨어지는 것을 알 수 있다.

휠체어 대피 시 무거운 케이스의 경우 1회째, 2회째는 대피지원 방법 및 이동자체에 능숙해져 구간 1보다 구간 11에서 평균속도가 빨라진 것을 알 수 있다. 1층에서 4층까지 전 구간을 통과한 평균 대피 속도 변화는 Table 4와 같다.

업는 대피에 있어 무거운 케이스의 경우, 1회째, 2회째 평균속도는 0.35 m/s, 3회째는 0.38 m/s로 속도가 빨라졌으나 이것은 무거운 케이스의 안전약약자를 대피 지원한 피험자가 1명밖에 없어, 피험자의 체력이나 컨디션에 따라 대피 속도에 영향을 주는 것으로 사료된다.

Table 4. Change in average speed by repeated trials

Item		First time	Second time	Third time
Giving a piggyback ride	The light case	0.53 m/s	0.48 m/s	0.48 m/s
	The heavy case	0.35 m/s	0.35 m/s	0.38 m/s
Carrying a wheelchair	The light case	0.23 m/s	0.22 m/s	0.25 m/s
	The heavy case	0.16 m/s	0.19 m/s	0.20 m/s

## 4. 결론

본 연구에서는 안전약약자의 계단 상승 대피 지원시, 지원 방법에 따른 대피 속도와 신체부담을 비교·분석하는 것을 목적으로, 업는 대피와 휠체어 대피에 대해 실험을 실시했다.

그 결과를 통해 얻을 수 있는 주요점은 아래와 같다.

(1) 대피 지원 방법에 따라 1층부터 4층까지 1회 대피 지원에 걸리는 소요시간은 업는 대피의 경우, 가벼운 케이스가 평균 31초, 무거운 케이스가 평균 43초이다. 휠체어 대피의 경우 평균 소요시간은 가벼운 케이스가 1분 11초, 무거운 케이스가 1분 49초이다.

(2) 심박수는 대피지원 방법과 개인에 따라 차가 있으나 전반적으로 1회 대피 시 급격히 올랐으나 인터벌시에 휴식을 취하면서 떨어지는 경향을 보이며, 2회째 이후 순차적으로 심박수가 오르는 모습이었다. 또한, 반복하여 대피 지원을 할수록 최대 심박수에 도달하는 경향을 보였다. 피험자의 심박수는 업어서 대피 지원할 때 가장 높아, 업는 대피가 대피지원자의 신체에 미치는 부담이 큰 것을 알 수 있다.

(3) 1층부터 4층까지 3회 반복 대피 지원 시, 업어서 대피 지원하는 경우의 평균속도는 가벼운 케이스는 0.5 m/s, 무거운 케이스는 0.36 m/s이며, 휠체어 대피 지원의 경우 가벼운 케이스는 0.24 m/s, 무거운 케이스는 0.18 m/s로 안전약약자의 체중이 가벼운 케이스의 속도가 빠른 것을 알 수 있다.

본 실험을 진행한 계단(1,200 mm)은 일본의 건축기준법에 정해진 최저기준으로, 일정 규모 이상을 가지는 학교나 병원 등의 공공시설 및 상업시설의 경우 실험에서 사용한 계단 보다 수치가 크기 때문에 본 실험 결과가 적용가능 할 것으로 판단된다.

또한, 본 실험은 안전약약자의 체중을 일본의 65세 이상의 노인을 기준으로 설정하여, 국내 평균 체중(60세 이상 남 : 64.61 kg, 여 : 55.22 kg)과는 다소 차이가 있으나 안전약약자의 계단 대피 지원을 위한 기초 데이터로 적용 가능할 것으로 사료된다.

대피지원 방법 및 횟수에 따라 신체 부하의 정도가 다르므로 안전약약자수와 지원자수의 적정 비율에 따른 대피계획 수립이 필요할 것으로 사료된다. 또한, 대피 지원에 따른 신체부담으로 심박수 증가와 함께 극심한 피로감, 숨이차고 땀이 나는 등의 신체변화를 수반함에 따라 대피지원 가능시간 등을 고려할 수 있으므로, 시뮬레이션이나 대피계획 수립에 활용가능 할 것으로 판단된다. 향후 안전약약자의 계단 대피 지원을 토대로 한 대피계획 수립을 위해서는 대피 속도와 신체부하에 영향을 주는 변수에 대해 지속적인 검토가 필요할 것으로 사료된다.

## References

- 1) National Disaster Management Institute, "A Study on Evacuation Characteristics of Vulnerable People", 2015.
- 2) J. I. Koo, B. I. Kim and Y. S. Kim, "A Simulation Study on the Evacuation in a High-Rising Building with Consideration of Residents with Disabilities", Korean Institute of Industrial

- Engineers Journal, pp. 490-497, 2013.
- 3) J. S. Kim, E. K. Hwang and H. J. Yoon, "The Impact Analysis of Including a Weak Person of Disaster Factor for Safety Assessment of Evacuation Simulation", Architectural Institute of Korea Journal, Vol. 27, No. 12, pp. 37-44, 2011.
  - 4) T. H. Jung, S. H. Park, J. S. Jang, "A Study for Evacuation Assistance to Volnerable People by MAS Based Evacuation Simulation", J. Korean Soc. Saf., Vol. 32, No. 1, pp. 121-127, 2017.
  - 5) <http://www.e-stat.go.jp>
  - 6) J. H. Lee, A. Hokugo and T. Nishino, "Comparison of Stair Ascent Evacuation Using Stretcher and Wheelchair Considering the Difference in Evacuation Supporter Types", J. Archit. Plann., AIJ, 2013.
  - 7) S. TSUCHIYA, "Experimental Characterization of Upward Evacuation on Stair of Tsunami Hinan(temporary refuge) Buildings ; Part 1, Experimental Outline and Moving Characteristic of Upward Individual Walking Behavior on Indoor and Outdoor Stairs", Summaries of Technical Papers of AIJ, 2006.
  - 8) E. S. Kim, J. S. Lee, J. H. Kim and M. H. Kim, "A Study on Walking Speed of the Disabled by Welfare Center Classification", J. Korean Soc. Saf., Vol. 31, No. 5, pp. 124-132, 2016.
  - 9) J. S. Lee, E. S. Kim, K. C. Min and Y. H. Song, "A Study on the Architectural Design and Management Guidelines through Reviewing of Evacuation Behavior in the Ward of General Hospitals", Architectural Institute of Korea Journal, Vol. 21, No. 10, pp. 61-68, 2005.
  - 10) S. H. Park, J. W. Park and C. H. Hong, "Engineering Approach to Performance Based Fire Safety Design", Architectural Institute of Korea Journal, Vol. 21, No. 2, pp.865-868, 2001.
  - 11) J. H. Lee, A. Hokugo and T. Nishino, "A Study on the Ascent Speed in a Stair Case Using a Wheelchair or a Stretcher at an Evacuation Drill", Japan Association for Fire Science Engineering, Proceedings of JAFSE Annual Symposium, 2013.