

승선생활 미숙련 대학 신입생들의 여객선 내 보행속도 실험

† 황광일

† 한국해양대학교 기계·에너지시스템공학부 부교수

An Experiment on Walking Speeds of Freshmen Unexperienced in Shipboard Life on a Passenger Ship

† Kwang-Il Hwang

† Div. of Mechanical & Energy Systems Eng., Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

요 약 : 본 연구는 승선 생활에 미숙련된 일반승객이 해상재난 발생 시 여객선 내에서의 안전성을 확보하고 피난성능을 향상시키기 위한 기술 개발에 반드시 필요한 선박 항해 환경에 따른 승선 중 보행속도를 실측실험을 통해 취득하고 이를 비교 분석한 것이다. 81명의 남녀 대학신입생이 참가한 승선 실험에서, 평면복도 직선부에서의 평균보행속도는 항해시가 정박시보다 27.2%, 평면복도 코너부에서는 23.2% 느려지는 것으로 나타나 항해중 선박 동요에 따른 속도 저하가 크다는 사실을 알 수 있다. 항해상태에서 실측된 상향계단과 하향계단에서의 평균보행속도는 각각 0.71m/s, 0.75m/s로 측정되었다. 군집충돌 이동실험에서는 인근 보행자와의 보행 간섭으로 인해 후미로 갈수록 보행속도가 느려지고, 선두의 이동속도가 군집 전체의 이동속도에 큰 영향을 준다는 사실을 확인하였다.

핵심용어 : 여객선, 보행속도, 일반승객, 안전, 피난

Abstract : To increase the safety of onboard evacuation of guests who is unfamiliar with onboard living conditions, this study measured and compared the onboard walking speeds of 81 participants on a passenger ship. It was found that the walking speeds at corridor on navigation were slower than those at berth by 27.2%, and the speeds of walking on the corner on navigation were slower than those at berth by 23.2%. This means that the ship motion on navigation directly influenced walking speeds. The walking speeds on upward-stairs and downward-stairs were measured to be 0.71m/s and 0.75m/s, respectively. From the crowd counter-flow experiments, because of the narrow space between participants, the walking speeds were decreased as person after person. And it was clear that the group's walking speeds were determined by the walking speeds of leading person(s) of the group. The walking speeds obtained this study were different from those of IMO guideline(MSC/Circ 1033).

Key words : Passenger ship, Walking speed, Average guest, Safety, Evacuation

1. 서 론

1.1 연구배경과 목적

국가의 경제수준 향상과 함께 여가활동에 대한 기대감이 높아지고 수요가 증가하면서 우리나라에서도 많은 사람들이 선박을 이용한 여가활동에 많은 관심을 갖기 시작했다. 우리나라도 2007년 부산항을 모항으로 하는 남해안 크루즈선이 정기적으로 운항중이며, 2009년 11월부터는 세계 2위의 크루즈선사가 배치되어 정기 운항하기 시작했고 2012년에는 110회, 11만명의 국내외 승객이 크루즈선을 이용하여 부산항을 이용한 것으로 집계되었다(BPA, 2013).

IMO는 승무원과 승객의 안전을 위하여 다양한 선내 안전장

치 의무기준을 부여하고 있다. 그럼에도 불구하고 해상재난 발생시 특히 여객선과 크루즈선에서 인명피해가 많이 발생하는 것은 정기적으로 안전교육을 받는 승무원들과는 달리 배의 내부 구조에 익숙하지 않은 일반 승객은 승선 후에도 간단하고 제한적인 훈련과 피난정보만을 제공받기 때문에 재난 발생시 피난 동선에 대한 자율적이고 신뢰성 있는 의사결정을 내리기 어렵기 때문이다.

크루즈 산업의 활성화를 위해서는 해상재난에 대한 다양한 대책을 준비하여 잠재 승객의 불안감을 충분히 완화시켜야만 한다. 특히 해상재난 발생시 재난의 선내 전개상황을 인식하기 어렵고 또한 선내 구조에 익숙하지 못한 피난경로에 대한 자율적 판단이 어려운 승선생활에 숙련되지 못한 일반승객의 피난능력 향상을 위한 기술은 시급히 개발되어야만 한다.

† 교신저자 : 종신회원, hwangki@hhu.ac.kr 051)410-4368

(*) 이 논문은 “연안여객선 일반 승객의 보행속도 실측(I)-대학 신입생을 대상으로 한 실험-”란 제목으로 “2012 공동학술대회 한국항해항만학회논문집(경주교육문화회관, 2012.6.21-23, pp. 33-34)”에 발표되었음.

본 연구는 승선 생활 미숙련자의 피난능력 향상을 위한 기술 개발에 필요한 기초 자료를 확보하기 위하여 선박 정박과 항해에 따른 승선 중 보행속도를 실험을 통하여 실측하였고 이 결과를 비교 분석한 것이다.

1.2 문헌연구

Bles et al.(2001)는 일반인 150명이 참여한 복도 및 계단의 경사와 선박 동요에 따른 보행속도 실험에서 경사가 없는 복도에서의 보행속도는 1.32%이고, 종경사 오르막의 보행속도와는 차이가 심하지만, 종경사 내리막과 횡경사의 경우와는 차이가 미미한 것으로 보고하였다. 일본 해사대학생들이 참여한 Yoshida et al.(2001)의 실측연구에서는 평면 이동시의 평균속도는 0.90%이지만, 10° 피칭-10초 피칭주기일 때의 평균속도는 0.73%, 10° 피칭-5초 피칭주기일 때는 0.71%이고, 10° 롤링-10초 롤링주기일 때는 0.77%, 10° 롤링-5초 롤링주기일 때는 0.72%로 동요 주기가 짧아질수록 보행속도가 느려지는 것으로 분석하였다. 국내에서는 종경사와 횡경사, 그리고 종경사와 횡경사를 조합한 조건에서 수행된 실험에서 실험결과가 외국 사례와 비슷한 경향을 보였지만, 종경사 내리막의 경우에는 심리적 영향으로 인해 경사도가 급해질수록 오히려 이동속도가 감소하고 종경사 오르막의 경우에는 경사도가 급해질수록 속도의 감소현상이 크지 않음을 알 수 있었다(Lee et al., 2003; Kim et al., 2004). 한편 Hwang(2011)은 선박 내 화재발생시의 연기농도에 따른 피난경로와 피난시간을 예측하고 실습선 내에서의 가상모의실험을 통해 피난경로에 장애물이 없을 경우 가시도 100%에서 피난자의 생존율은 100%, 가시도 27%일 때 90%, 가시도 8%일 때 70%이지만, 피난경로 중 장애물이 발생하여 이동을 방해할 경우에는 가시도 100%인 경우의 생존율은 90%, 가시도 27%일 때 60%, 가시도 8%일 때 20%만이 생존할 수 있다는 실험결과를 발표하였다. Table 1은 IMO(2002)가 선박의 피난능력 유효성을 평가하기 위해 제시한 승선자의 연령대별 이동경로별 보행속도를 요약 정리한 것이다.

Table 1 Walking speeds of IMO MSC/Circ.1033(IMO,2002)

Gender	%	Age (Years)	Speed flat/upstair/downstair
Female	7	20±10	1.24/0.63/0.75
	7	40±10	0.95/0.59/0.65
	16	60±10	0.75/0.49/0.60
	10	60±10	0.57/0.37/0.45
	10	60±10	0.49/0.31/0.39
Male	7	20±10	1.48/0.67/1.01
	7	40±10	1.30/0.63/0.86
	16	60±10	1.12/0.51/0.67
	10	60±10	0.85/0.39/0.51
	10	60±10	0.73/0.33/0.44

2. 실험개요

2.1 선박의 개요와 실험조건

실험에 사용된 선박은 21,535톤의 Ro-Pax 선박으로 681명이 승선가능하고, 주중에는 부산과 일본 오사카를 왕복운항하고 주말에는 부산연안에서 크루즈 서비스에 투입되고 있다. Fig.1은 실험에 사용된 선박의 외관을 보여주고, Table 2는 선박 개요를 정리한 것이다.



Fig. 1 External appearance of the passenger ship

Table 2 Outlines of the passenger ship

Type	Ro-Pax
Gross tonnage	21,535 tons
Length overall	160m
Breadth	25m
No. of boarding peoples	681
Navigation route	<ul style="list-style-type: none"> • Busan↔Osaka line • Busan coastal area

선박의 운동상태를 파악하기 위해 롤링과 피칭 변화량을 측정가능한 선박의 중앙부에서 수평면을 기준으로 한 변화각으로 측정하였다. 이들의 실험기간(2012년 3월 3일과 4일)의 파고는 평균 2m로 목측 기록되었고 선박의 운동상태 중 측정이 가능했던 피칭과 롤링은 Fig. 2와 같은 변화를 보였다. 자정 시간대를 제외한 피칭, 롤링 변동각은 ±1°, 변동주기는 5초~15초로 측정되었다.

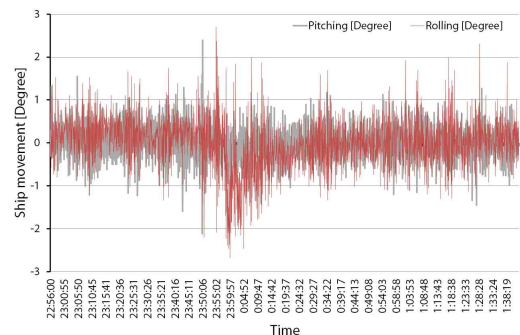


Fig. 2 Ship motion during experiment periods of March 3 and 4, 2012

2.2 피실험자 개요

승선생활 미숙련자의 보행속도를 도출하기 위한 실험목적에 맞도록 본 연구에서는 승선생활에 익숙하지 않은 대학교 신입생을 실험대상자로 선발하였다. 피실험자는 남학생 68명, 여학생 13명 등 총 81명이었고, 평균연령은 20.4세, 남녀 참여자의 평균 신체특징은 Table 3에 정리한 것과 같다.

Table 3 Average physique of the participants

	Male	Female	Total
Height [cm]	175.0	161.5	172.8
Weight [kg]	68.6	51.5	65.9
Width of shoulder [cm]	43.1	36.4	42.1

2.3 연구범위와 실험방법

본 연구는 승선생활에 익숙하지 않은 일반인의 피난능력향상을 위한 기술개발의 기초단계로서, 일반 승선객의 보행속도 도출을 목적으로 한다. 이에 본 연구에서는 선내 평면복도(직선, 코너), 상향계단, 하향계단에서 보행속도를 실측, 분석하는 것을 연구범위로 한다.

Fig. 3은 이동경로와 CCTV의 설치위치를 나타낸 것으로, 경로①은 평면복도(코너)를, 경로②는 평면복도(직선)을, 경로③은 상향계단, 하향계단의 이동경로를 각각 표시한 것이다. Table 4는 각 이동경로의 크기를 정리한 것이다. 실험은 Fig. 3에 표시된 지정된 경로를 피실험자가 이동하는 동안 Fig. 4와 같이 동시에 여러 지점을 CCTV로 녹화하는 방법으로 수행되었다. 보행속도는 복도에 표시된 기준선(Fig. 5 참고) 사이의 거리를 통과하는 피실험자의 개인별 이동시간을 측정함으로써 각 이동형태별 피실험자의 개인별 보행속도를 도출하였다. 군집충돌 실험 시에는 20명씩 4개 그룹을 2개 조로 나누고, 20명씩 2개 조를 Fig. 3의 1F/A-Deck에 표시된 경로③의 양쪽 끝에 각각 배치 후 동시에 상호 반대방향으로 이동하도록 하여 중앙부위에서 충돌이 발생하는 과정을 관찰하였고, 이후 나머지 2개 조를 대상으로 동일 반복 실험을 수행하였다.

평면복도(코너, 직선) 보행속도 실험은 정박중(선박이 부두에 접안된 상태), 항해중일 때 반복 수행되었고, 상향계단, 하향계단, 군집충돌실험은 항해중일 때만 수행되었다.

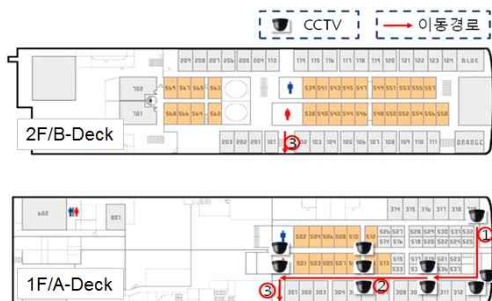


Fig. 3 Walking experiment routes and CCTV locations

Table 4 Average physique of the participants

Route Name	Type	Distance [m]	Total width [m]	Effective width [m]
①	Corner	10	1.25	1.18
②	Straight	35	1.25	1.18
③	Stairs	4.98	1.26	1.19



Fig. 4 CCTV monitoring and recording system

3. 실험결과 및 분석

3.1 평면복도 보행속도

평면복도에서의 보행속도는 Fig. 5와 같이 수행되었고, Fig. 6 ~ Fig. 9는 평면복도에서의 개인별 보행속도 빈도수와 정규분포를 나타낸다.

Fig. 6은 정박 중, Fig. 7은 항해중인 상태에서 Fig. 3의 경로①에서 수행된 평면복도 코너부의 보행속도 실험결과이다. 정박시 평면복도 코너부에서의 평균보행속도는 1.85m/s, 항해시에는 1.42m/s로 측정되었다. 선박의 항해에 따른 선내 동요에 따라 보행속도가 23.2% 저하되었음을 알 수 있다.

또한 Fig. 3의 경로②에서 수행된 정박상태(Fig. 8), 항해상태(Fig. 9)에서의 평면복도 직선부 보행속도 실험에서는, 정박시 평면복도 직선부에서의 평균보행속도는 2.02m/s, 항해시 1.47m/s로 측정되었다. 선박의 항해에 따른 선내 동요에 따라 보행속도가 27.2% 저하되었고, 직선경로의 속도저하가 코너경로에서의 속도저하 보다 크다는 것을 알 수 있다.



Fig. 5 A participant walking through the corridor

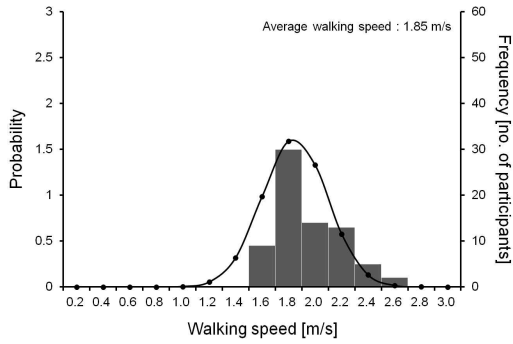


Fig. 6 Frequencies and normal distribution of walking speeds at corner(route ①) on a ship at berth

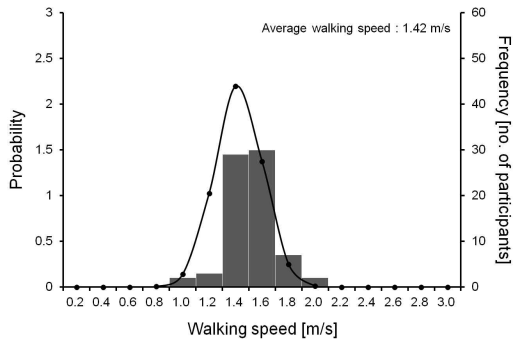


Fig. 7 Frequencies and normal distribution of walking speeds at corner(route ①) on a ship on navigation

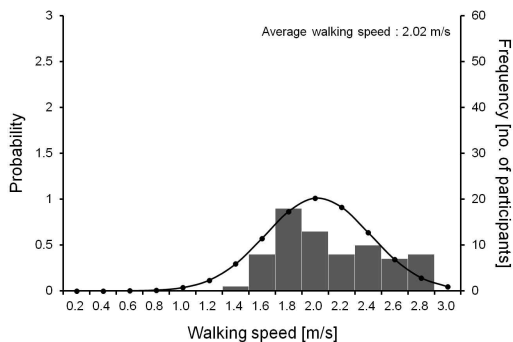


Fig. 8 Frequencies and normal distribution of walking speeds at flat(route ②) on a ship at berth

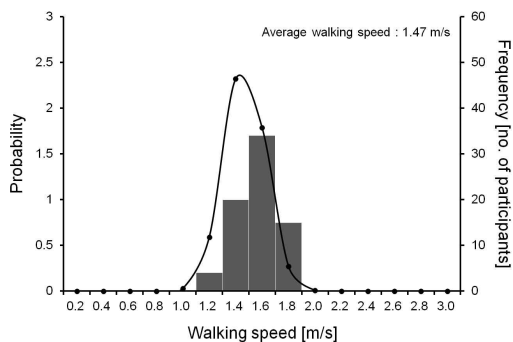


Fig. 9 Frequencies and normal distribution of walking speeds at flat(route ②) on a ship on navigation

정박상태의 실험결과인 Fig. 6과 Fig. 8에서 보행속도 분산이 항해상태의 실험결과인 Fig. 7과 Fig. 9의 분산에 비해 크게 표시되었다. 이는 정박상태에서 승선객은 개인의 평소 보행 습관이 반영된 속도가 나타나지만, 항해상태에서는 선박 동요에 대한 신체적 미숙련과 정신적 긴장감이 개인의 보행속도에 영향을 주어 항해중의 보행속도가 정박중의 보행속도보다 느리게 나타난 것으로 분석된다.

3.2 계단 보행속도

상향계단과 하향계단에서의 보행속도 실험은 항해 상태에서 Fig. 10과 같이 수행되었고, Fig. 11과 Fig. 12는 상향계단과 하향계단에서의 보행속도 빈도수와 정규분포를 나타낸다.



Fig. 10 A trial participant walking upward-stairs

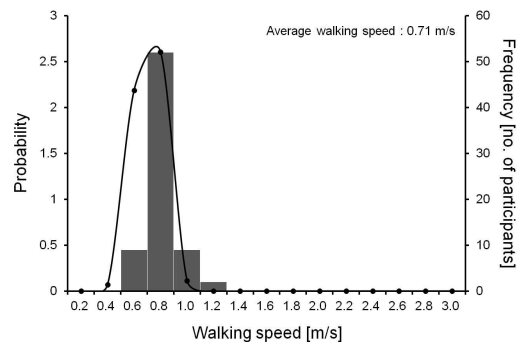


Fig. 11 Frequencies and normal distribution of walking speeds of upward-stairs on board a on a ship during navigation

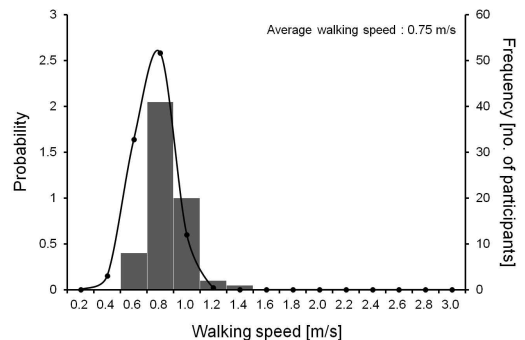


Fig. 12 Frequencies and normal distribution of walking speeds of downward-stairs on board a on a ship during navigation

상향계단 평균보행속도는 0.71m/s이고, 하향계단 평균보행속도는 0.75m/s으로 측정되었다. 하향계단 보행속도가 상향계

단 보행속도보다 5.3% 빠르다는 것을 보여준다.

3.3 군집충돌 보행속도

화재 등 재난 발생시 피난자의 혼란으로 군집간 이동 중 충돌이 발생한다는 상황을 가정한 군집충돌 보행실험을 Fig. 13과 같이 수행하였다. Fig. 14와 Fig. 15는 다른 참가자들로 2번 수행된 실험결과를 나타낸다.



Fig. 13 2 groups of participants moving in the opposite direction on an experiment route

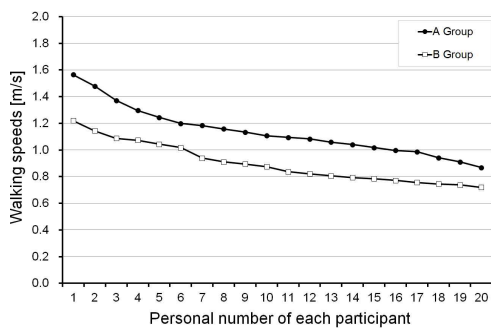


Fig. 14 Sequential personal walking speeds of 2 groups moving opposite direction(1st Experiment)

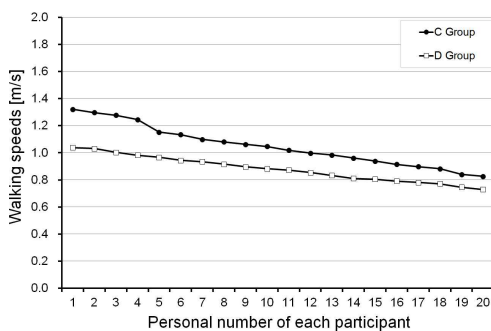


Fig. 15 Sequential personal walking speeds of 2 groups moving opposite direction(2nd Experiment)

Fig. 14에서, 예를 들어 A그룹의 경우 그룹 선두 보행자의 보행속도는 1.58m/s이지만 그룹 후미 보행자의 보행속도는 0.88m/s으로 그룹 내에서도 2배에 가까운 속도 차이가 발생하고 있는데 이는 군집 이동 시 인근 보행자와의 사이에 보행에 필요한 충분한 거리를 확보할 수 없는 보행 간섭이 발생하기 때문이다. 또한 A그룹과 B그룹의 이동 순차별 보행속도가 일정하고 기울기가 유사하게 나타나는데 이는 좁은 공

간에서 앞사람을 추월할 수 있는 환경이 제공되지 않기 때문이다. C그룹과 D그룹을 대상으로 한 반복 실험에서도 전술한 A그룹과 B그룹의 군집충돌 실험결과와 유사한 경향이 나타났다. 그러나 A그룹과 B그룹 선두의 보행속도 보다 C그룹과 D그룹 선두의 보행속도가 0.2m/s 정도 느리지만, 그룹 후미의 보행속도는 유사하게 실측되었다. 이는 군집 이동 시 선두의 이동속도가 군집의 이동속도 전체에 큰 영향을 준다는 사실을 의미한다.

3.4 보행속도 비교분석

Fig. 16은 남학생과 여학생의 실험조건별 보행속도를 비교한 것이다. 정박상태에서의 평면복도 코너부 보행속도와 항해상태에서 상향계단, 하향계단 보행속도에서 남학생이 여학생에 비해 각각 6.4%, 9.7%, 10.5% 빠른 것으로 평가되었다. 다른 실험조건에서의 남녀 보행속도 차이는 미미하였다.

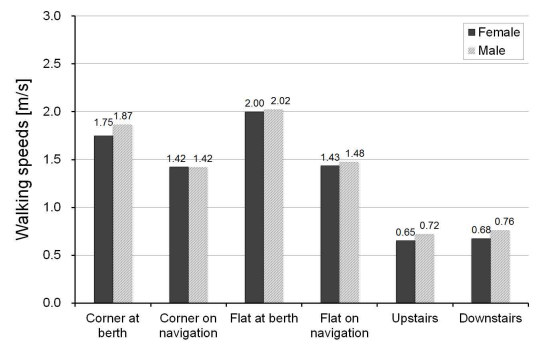


Fig. 16 Walking speeds differences between male and female students at each trial conditions

Table 5 Comparison of walking speeds on board a ship between IMO guideline and the results of experiment during navigation and at berth

Walking speed [m/s]		IMO guideline	Experiment results
Flat	Female	1.24	1.43
	Male	1.48	1.48
Upstairs	Female	0.63	0.65
	Male	0.67	0.72
Downstairs	Female	0.75	0.68
	Male	1.01	0.76

IMO(MSC/Circ. 1033)에서 피난능력 평가를 위go 제시한 운항중 연령별, 경로조건별 보행속도 중 20대의 제시값과 본 연구의 실측결과를 Table 5에 정리 비교하였다. 본 연구에서 취득된 보행속도 중 특히, 직선 평면복도에서 여성 피실험자의 보행속도가 IMO 제시값보다 15.3% 빠르고, 남성 참가자의 하향계단 보행속도는 24.7% 느린 것으로 나타났다. 또한 전반적으로 상향계단 보행속도는 약간 빠르고, 하향계단 보행속도는 느리다는 사실을 알 수 있다.

4. 결 론

크루즈선을 이용한 입국승객이 매년 100% 이상 성장하는 상황에서 해상재난 시 인명피해 최소화를 위한 기술 개발이 시급한 실정이다. 특히 본 연구에서는 해상재난 발생시 재난의 선내 전개상황을 인식하기 어렵고 또한 선내 구조에 익숙하지 못해 피난경로에 대한 자율적 판단이 어려운 승선 생활 미숙련 승객의 피난능력 향상 기술에 초점을 맞추어, 그 기초 데이터로써 반드시 필요한 선박 항해 환경에 따른 승선 중 보행속도를 실측실험을 통해 취득하고 이를 비교 분석하였다.

81명의 남녀 대학신입생이 참가한 승선 실험에서, 항해시 코너 평면복도에서의 평균보행속도(1.42m/s)가 정박시(1.85m/s)보다 23.2% 저하되고, 직선 평면복도에서의 평균보행속도는 항해시(1.47m/s)가 정박시(2.02m/s)보다 27.2% 느려지는 것으로 나타나 항해중 선박 동요에 따른 속도 저하가 크다는 사실을 알 수 있다. 항해상태에서 실측된 상향계단, 하향계단의 평균 보행속도는 각각 0.71m/s, 0.75m/s로 측정되었다.

한편, 군집충돌 실험을 통해 군집 이동 시에는 인근 보행자와의 사이에 보행에 필요한 충분한 거리를 확보하기 어렵기 때문에 보행 간섭이 발생하여 후미의 보행속도는 선두의 50% 수준으로 느려졌고, 반복 실험을 통해 군집 이동 시 선두의 이동속도가 군집 전체의 이동속도에 큰 영향을 준다는 사실을 확인하였다.

IMO(MSC/Circ. 1033)가 피난능력 평가를 위해 제시한 20대의 경로별 보행속도와 본 연구의 실측결과를 비교한 결과 직선 평면복도에서 여성의 보행속도가 IMO 제시값보다 15.3% 빠르고, 남성의 하향계단 보행속도는 24.7% 느린 것으로 나타났고, 전반적으로 상향계단 보행속도는 약간 빠르고, 하향계단 보행속도는 느리다는 사실을 알 수 있다.

후 기

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.2011-0029766).

참 고 문 헌

[1] Bles, W., Nooy, S., Boer, L.C.(2001), "Influence of Ship Listing and Ship Motion on Walking Speed", Proceedings of Conference on Pedestrian and Evacuation Dynamics, pp. 437-452.
 [2] Busan Port Authority(BPA)(2013), The Number of Cruise Ship Tourists Hit a Record High Last Year, Press Releases, 2013.01.12. (in Korean)
 [3] Hwang, K. I.(2011), "Comparative Studies of

Evacuation Time According to the Distribution Characteristics of Training Ship's Personnels", Journal of Korean Navigation and Port Research, Vol. 35, No. 3, pp. 213-218 (in Korean)
 [4] International Maritime Organization(IMO)(2002), "Interim Guidelines for Evacuation Analyses for New and Existing Passenger Ships", IMO MSC/Circ. 1033
 [5] International Maritime Organization(IMO)(2007), "Guidelines for Evacuation Analysis for New and Existing Passenger Ships", IMO MSC/Circ. 1238
 [6] Kim, H. T., Lee, D., Park, J. Hong, S.(2004), "The Effect on the Mobility of Evacuating Passengers in Ship with Regard to List and Motion", IE Interfaces, Vol. 17, No. 1, pp. 22-32.
 [7] Lee, D. K., Kim, H. T. and Park, J. H.(2003), "Human Behavioral Experiment for Evacuation Analysis", Journal of the Society of Naval Architecture of Korea, Vol. 40, No. 2, pp. 41-48 (in Korean)
 [8] Yoshida, K., Murayama, M., Itakaki, T.(2001), "Study on Evaluation of Escape Route in Passenger Ships by Evacuation Simulation And Full-scale Trials", Proceedings of the 9th International Fire Science and Engineering Conference(Interflam) 2011, Vol. 2.

원고접수일 : 2013년 3월 25일
 심사완료일 : 2013년 5월 27일
 원고채택일 : 2013년 6월 11일