

## 실습선 가야호의 멀미도 조사와 MSI 계산의 비교 분석에 관한 연구

한승재\* · 하영록\*\* · 김인철\*\*\*†

\*, \*\*\*, 부경대학교 조선해양시스템공학과, \*\* 거제대학교 조선해양공학과

A Study on Comparison and Analysis of Motion Sickness Inquiry with  
MSI Calculation for Training Ship Kaya

Seung-Jae Han\* · Young-Rok Ha\*\* · In-Chul Kim\*\*\*†

\*, \*\*\*, Dept. of Naval Architecture &amp; Marine Systems Engineering, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

\*\* Dept. of Naval Architecture &amp; Ocean Engineering, Koje College, Geoje 656-701, Korea

**요 약** : 본 연구에서는 선박의 우수한 운항 성과와 쾌적한 승선감의 확보를 위해, 부경대학교 실습선인 가야호를 대상으로 해상상태, 선수 각 조건, 선속, 그리고 선내 위치별로 수행된 뱃멀미 발현에 관한 5차에 걸친 설문조사 결과와 선체운동해석법(Strip Method)에 기초한 수치계산을 통해서 얻은 계산결과를 비교, 분석하였다. 이를 통해 많은 수의 학생이 승선하는 실습선의 거주구역 배치에 대한 타당성 검증과 함께 항해 중 멀미도를 낮출 수 있는 침로와 선속의 결정에 도움이 될 것이다. 본 연구에 의하면 해상상태가 거칠수록 전체 멀미비율이 높게 나타났다. 선내 위치별로는 선체의 중량중심에서 멀리 떨어져 있는 선교와 거주구역에서 수직가속도의 가중치가 높았고 멀미비율도 높게 나타났다. 그리고 선수파에 비해 횡요시 수직가속도의 가중치가 높게 나타났다. 멀미도 조사와 MSI 계산의 비교에서는 운동 수직가속도가 증가하면, 상대적으로 멀미도도 증가하고, 수직가속도가 증가하는 구역과 멀미도 발생구역이 일치하였다.

**핵심용어** : 실습선, 선체운동이론, 수직가속도, 설문조사, 뱃멀미 지수

**Abstract** : In this paper, for better boarding performance and pleasant boarding sensitivity of the ship, comparison and analysis was performed of motion sickness questionnaire with MSI(Motion Sickness Incidence) calculation based on ship motion theory(Strip Method) due to sea condition, incident angle in main sail way, economic speed, and calculation position of the training ship Kaya of Pukyong National University. On these works, the rougher sea conditions became, the higher total motion sickness rate was occurred. The weights of vertical acceleration and the rates of MSI were higher at the bridge and the accommodation, which were located farther from the center of gravity of the ship. And effects of the vertical acceleration of the ship were increased in rolling then in head sea. In comparison between motion sickness questionnaire with MSI calculation, when the vertical acceleration increased, the motion sickness rate increased. The location to increase vertical acceleration and the location to cause motion sickness were agreed.

**Key Words** : Training ship, Ship motion theory(Strip Method), Vertical acceleration, Questionnaire, MSI(Motion Sickness Incidence)

## 1. 서 론

선박이 운항 중에 직면하는 선박의 동요는 인체의 피로, 멀미, 인지능력의 저하, 활동성의 저하 등과 같은 좋지 않은 영향을 초래하기도 한다. 선박에서는 여러 가지의 원인으로 인해서 운동가속도가 피곤정도, 어지럼증, 신체적 온도의 변화, 발한, 하품, 입술의 마름정도, 두통, 복통, 메스꺼움 그리고 구토 등의 발생을 일으키는데 중요한 역할을 한다. 그 중에서 멀미여부는 피로와 유사하게 일단 증상이 나타나면 심리적 또는 물리적 측

면에서 작업수행 능력이 떨어지고, 정신적 활동이 지연되기도 한다. 그리고 멀미증상이 일단 나타나면 회복하는데도 상당한 시간이 소요 되는 것으로 알려져 있다.

선체운동과 관련된 멀미도에 대한 연구도 다양하게 이루어져 왔다. Jung and Lee(2008)는 해상상태에 따른 설문조사를 비교·검토하여 승선감에 가장 밀접한 관계가 있는 멀미 증상이 어떤 요인에 의해 발생하는지를 확인하고, 멀미증상이 유발되면 어떤 현상이 초래되는지를 연구하였다. 그리고 Yoon et al.(2008)은 해상상태에 따른 수직가속도 분석을 위하여 선박 내에 여러 위치에서 가속도를 측정하였다.

O'Hanlon et al.(1973)과 O'Hanlon and McCauley(1974)는 승객이 일정한 주파수와 수직가속도 운동에 대해서 2시간 동안

\* First Author : sjhan1068@hanmail.net, 051-647-8583

† Corresponding Author : kimic@pknu.ac.kr, 051-629-6611

노출되었다고 했을 경우, 뱃멀미의 발현확률을 백분율로 평가한 뱃멀미 지수인 MSI(Motion Sickness Incidence)의 계산식을 여러 함수를 통해 제한하고, 진폭 또는 주파수에서 노출 시간의 함수로 통해서 500가지의 경우에 대해 실험을 평가하는 방법에 관한 연구도 제안하였다. 그리고 뱃멀미와 가속도 운동 사이의 상관관계에 대한 연구(Lawther and Griffin, 1986)가 대표적이다. 최근의 연구사례에서는 대학 실습선을 대상으로 MSI를 평가하여 쾌적한 승선감 향상을 위해서 초기설계 단계에서부터 수직가속도를 개선하는 선형보정과 수직가속도가 낮은 위치를 고려한 선형결정이 중요하다고 제시되었다(Han, 2013).

실습선은 많은 인원이 승선하여 교육을 받고 있기 때문에 우수한 운항성능과 쾌적한 승선감의 확보를 위해서는 인체의 피로에 대한 저하를 최대한 줄여야 한다. 본 논문에서는 부경대학교 실습선인 가야호를 대상으로 해상상태, 선수각 조건, 선속, 위치별로 선체운동계산 기법을 통해서 수직가속도 성분을 구하고, 수직가속도 스펙트럼을 이용하여 멀미도를 계산한다. 그리고 각 위치별로 운동 가속도의 변화에 따른 MSI의 가이드라인 및 설문조사결과와 비교·검토하였다.

## 2. 이론적 배경

ISO 2631-1(1997)에서는 멀미 증상과 관련된 변수로서 진동의 축, 주파수, 진폭과 노출시간 등이 있다. 특히, 0.1~0.5Hz의 저주파수 영역의 운동에서 멀미 증상이 가장 잘 나타나는 운송수단은 선박이고, 멀미의 발생 가능성이 높은 것으로 분석하고 있다.

뱃멀미와 피로에 대한 ISO 2631-3(1985)의 기준은 승객의 쾌적한 승선감 평가를 위하여 만들어졌으며, 일반적으로 통용되고 있다. ISO 2631-3의 불쾌감 영역은 주파수와 가속도의 관계를 정한 것으로 주파수의 함수와 가속도의 RMS 값에 대한 범위를 제공하고 있다(Fig. 1).

상용코드(Maxsurf Seakeeper V.11, 2004) 프로그램에 대한 뱃멀미 지수 또는 MSI에서는 구토 증상을 보이지 않을 정도의 뱃멀미로서, 수직가속도를 느낄 수 있는 사람 수에 따라 결정된다. 멀미 여부는 가속도와 주파수에 크게 의존함(ISO 2631-3, 1985; BS 6841, 1987)을 알 수 있으며, 선박의 다양한 위치에서 평가된 MSI에 대해서 노출시간에 따라 제공된 표준 곡선에 대한 데이터를 포함하고 관심 지점의 수직가속도의 크기에 대해서 변화되는 MSI 곡선을 중첩시킬 수 있다(Maxsurf Seakeeper V.11, 2004).

관심 지점의 주파수를 중심으로 1/3 옥타브 범위에서 수직가속도 스펙트럼의 적분에 의해 구하며, 다음의 식(1)을 이용하여 계산된다.

$$[MSI_{ACC}(\omega_{e\ centre})]^2 = \int_{\omega_{e1}}^{\omega_{e2}} S_{vert\ accel}(\omega_e) d\omega_e \quad (1)$$

여기서 주파수 간격  $\omega_{e1}$ 에서  $\omega_{e2}$ 는  $\omega_e$ 을 중심으로 1/3 옥타브 범위이고,  $S_{vert\ accel}$  가속도는 선박의 관심 지점에서 절대 수직가속도 스펙트럼이다. 중심 주파수를 변화시킴으로써 수직 MSI 가속도의 그래프를 만들고 표준 곡선과 비교하여 MSI가 도출된다.

Fig. 1은 뱃멀미에 적응이 되지 않은 성인 남녀의 기준으로 멀미를 할 확률 10%에 대한 ISO 2631-3을 기준으로 작성한 그래프이며, 각 그래프는 조우주파수에 대해 30분, 2시간, 8시간 노출 했을 때의 수직가속도의 RMS(Root-Mean Square) 값의 범위를 나타내고 있다. 그래프에서 범위 이상의 값을 가지고 있을 때, 100명중 10명은 멀미를 한다는 통계적 값을 나타내고 있다. 여기서 뱃멀미에 적응이 되지 않은 성인이 민감하게 뱃멀미를 하게 되는 주파수는 0.1 Hz~0.63 Hz 영역이다.

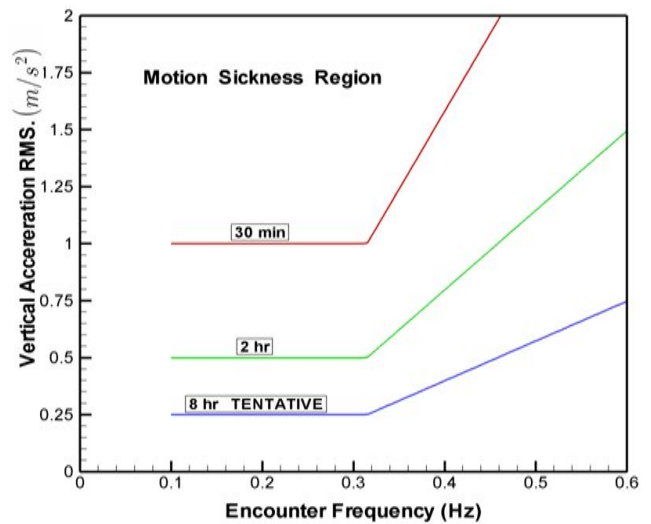


Fig. 1. 2631-3 severe discomfort boundaries.

## 3. 멀미도 조사와 MSI 계산 결과 및 고찰

### 3.1 멀미도 조사 대상

선체운동에 따른 멀미도 조사는 부경대학교 실습선인 가야호의 2011년과 2012년 원양 승선실습과 연근해 승선실습에 참여한 부경대학교 학생들을 대상으로 하였다. 조사대상은 원양 승선실습에 참여한 해양생산시스템관리학부 재학생 또는 기계시스템공학과 재학생 그리고 연근해 승선실습과 기초승선실습에 참여한 학생들의 대상으로 하였다. 설문 조사는 원양 승선실습과 연근해 승선실습시 각각 5차에 걸쳐 조사하였으며, 각 차시별 조사는 오전 10시와 12시로 구

분하여 2회 조사 하였다. 1차 조사에는 218명, 2차 조사에는 218명, 3차 조사에는 206명, 4차 조사에는 210명, 그리고 5차 조사에는 210명이 조사에 응하여, 전체적으로 조사에 참여한 인원은 1,062명이었다.

2012년도 원양 승선실습은 6월 27일부터 7월 26일까지 진행되었고, 연근해 승선실습은 8월 1일부터 8월 11일까지 진행되었다. 이 때, 1차 조사는 7월 23일 러시아 블라디보스톡항을 출항하여 항부근 연안에서 실시하였다. 2차 조사 및 3차 조사는 각각 6월 28일과 8월 3일 부산항을 출항하여 제주해역부근에서 실시하였다. 그리고 4차 및 5차는 2011년도 원양 승선실습 기간인 6월 27일부터 7월 26일 중에 진행되었던 조사자료이다. 이 때, 4차 조사는 7월 10일 중국 상해에서 대만 기류항으로 항해하는 중에 실시되었고, 5차 조사는 7월 20일 대만 기류항에서 일본 오사카항으로 항해하는 중에 실시되었다. 이 외의 멀미도조사와 관련된 자세한 사항은 참고문헌(Han, 2013)에 잘 나타나 있다.

**3.2 멀미도 조사 조건에 따른 MSI 계산의 제한점**

실습선 가야호에 승선한 학생들로부터 도출된 멀미도 조사 결과는 탑승인원의 안전성 및 쾌적한 승선감 향상을 위한 연구에 중요한 data로 활용될 수 있으며, 향후 실습선의 건조 시 설계과정에서 멀미도 관련내용을 적용시켜 설계함으로써 차세대 실습선의 설계요소로 활용될 수 있다. 그러므로 멀미도 조사의 결과와 MSI 계산 값의 비교는 반드시 이루어져야 할 사항이라고 할 수 있다.

가야호의 멀미도 조사를 통한 계측 값과 해석프로그램을 이용한 MSI 계산 값을 비교하였다. MSI 계산 시 계측 당시의 해상조건과 동일한 data를 입력해야만 보다 신뢰성 있는 결과를 도출할 수 있으나, 계측에 어려움이 있어 풍속을 기준 data로 하여 해상상태와 유의파고, 선속, 선수각, 평균파주기를 Beaufort scale을 사용하여 적용하였다.

**3.3 계산조건**

조사 당시의 해상계측 값은 Beaufort scale No. 4 ~ No. 8 단 계별로 하였다(Table 1). 조사대상 학생들의 근무지 및 거주구역에서 멀미도를 조사하였으며, 멀미도의 수치해석을 위한 계산위치는 A, B, C 로 나타내어 대표위치를 지정하였다.

임의 해역을 운항중인 선박의 선내 위치별 가속도를 계산하기 위해서는 해당 위치에서의 수직가속도 성분을 구해야 한다. 선체운동계산 기법을 통해서 수직가속도를 구하고, 수직가속도 스펙트럼을 이용하여 가야호의 MSI를 계산한다. 수치계산 조건은 가야호의 주요 항해구역의 Beaufort scale을 이용하여 선수각조건, 해상상태, 선속, 멀미도 계산위치 등이며, 구체적인 사항은 Table 1과 같다.

MSI의 계산은 멀미도의 주요 기준이 되는 ISO 규정을 기반으로 하였고, 선내 MSI 계산위치 좌표계는 Fig. 2와 같다.

Table 1. MSI of calculation condition

Item	Calculation condition
Beaufort scale	No.4, No.5, No.6, No.7, No.8
Encounter angle	90°, 120°, 130°, 150°, 180°
Ship speed	Fn = 0.230(12 knot)
Locations	A = Bridge(54.04, 0.0, 14.18) B = Engine Room(26.58, 4.20, 4.10) C = Accommodation(44.60, 2.73, 4.41)

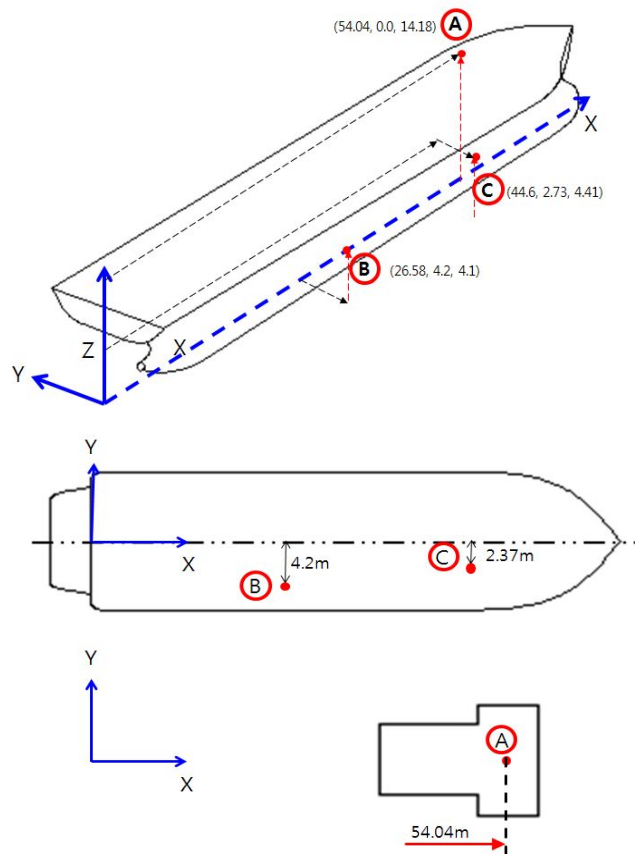


Fig. 2. MSI measurement location of Kaya.

각 위치별 명칭은 A, B, C를 사용하였으며 AP를 원점으로 하여 선교는 A, 기관실은 B, 거주구역은 C로 하였다. 선내계산 위치는 실제 운항중의 주요 근무지와 거주구역을 선택하여 MSI 측정지점을 위한 좌표계는 Fig. 2와 같이 X축의 원점을 선미수선인 A.P.(After Perpendicular)에 두고, Z축의 원점은 base line에 둔 좌표계 O (X, Y, Z) 를 선정하였다. MSI 측정지점은 선교(Bridge)는 A, 기관실(Engine Room)은 B, 거주구역(Accommodation)은 C로 나타내고, 위치에 따른 각각의 좌표 값은 Table 1과 같다.

## 실습선 가야호의 멀미도 조사와 MSI 계산의 비교 분석에 관한 연구

사람의 인체에 영향을 주는 진동 중 가장 중요한 기준은 주파수이고, 멀미를 일으키는 운동성분은 수직가속도로서 특히 저주파수 영역의 운동이 멀미를 야기한다. MSI는 멀미도 지수로서, ISO기준에 의해 정의된다. 이 기준은 주파수와 운동물체의 수직가속도 RMS의 상관관계로 평가될 수 있다.

Table 2에서 보여 지는 선속과 풍속은 계측에 의하여 정확한 data를 얻을 수 있으나, 파고 및 파주기는 정확한 계측이 사실상 어렵다. 따라서 Beaufort scale 단계별로 풍속이 주어져 있으므로 이를 기준으로 하여 Pierson-Moskowitz식(1964)과 WMO(세계기상기구, World Meteorological Organization) code 1100으로부터 작성된 Beaufort scale을 참고하여 유의파고 및 평균파주기를 추정했다. 멀미도 조사시의 풍속을 이용하여 적용된 해상조건은 Table 2와 같다.

Table 2. Conditions of ship and sea for MS experiments

Exp.	Beaufort scale No.	Wind speed (m/s)	Significant wave height (m)	Mean wave period (s)	Ship speed (knot)	Encounter angle (deg)
1st	4	6.5	1.0	3.86	12	120
2nd	5	9.41	2.0	5.46	12	150
3rd	6	12.35	3.0	7.03	12	180
4th	7	16.0	4.0	7.72	12	130
5th	8	18.5	5.50	9.05	12	90

### 3.4 설문조사와 MSI 계산의 비교 결과

1차 조사에서 조사 위치별로 멀미 증상을 보인 결과는 Table 3과 같다. 조사 위치별로 멀미는 선체의 중량중심에서 멀리 떨어져 있는 A위치에서 인원의 37.5%가 멀미 반응을 보였으며, 상대적으로 가까운 B위치에서는 29.0%가 멀미 반응을 보였다. C위치에서는 32.0%가 멀미 반응을 보였다. A, B, C 위치에서의 멀미 반응을 종합하면 31.6%이었다.

Table 3. Rate of motion sickness of the 1st experiment  
(Unit : Person, %)

Classification	BR.(A)	ENG.RM.(B)	ACCOM.(C)	Total
Number of people	16 (100)	24 (100)	178 (100)	218 (100)
Peoples getting MS	6 (37.5)	7 (29.0)	57 (32.0)	69 (31.6)
MS Ratio(%)	37.5	29.0	32.0	31.6

1차 조사에 대한 MSI 계산의 위치별 종합 결과는 Fig. 3과

같다. 낮은 수직가속도의 가중치를 알 수 있으며, 수직가속도의 수치가 8시간 이내에 Peak 값에는 미치지 못하는 것을 알 수 있다. 또한 멀미도 조사와 MSI 계산의 결과가 유사한 경향으로 나타남을 알 수 있다. 그러나 1차 조사에 해당하는 해상상태의 경우, MSI 계산상으로는 8시간이 지나도 멀미가 일어나지 않으나, 실제 조사에서는 학생들이 느끼는 멀미도는 상당히 높았다. 학생들이 승선 후 2시간이 지나면 상당한 멀미를 느꼈는데, 멀미 발생도는 수직가속도가 주요 인자이나 다른 환경적인 요소와 개인의 특성에 따라 다르고, 통계적으로 뱃멀미와 진동에 의해 노출시간이 증가함에 따라 멀미의 발생가능성이 증가한다는 이론상의 원인 때문으로 (O'Hanlon et al., 1973; O'Hanlon and McCauley, 1974) 사료된다. 조사대상 학생들이 조사 당시에 승선한 것이 아니라, 이미 많은 시간동안 뱃멀미와 진동에 노출되어 있던 학생들을 대상으로 멀미도를 조사하였기 때문에, MSI 계산상의 멀미보다는 실제 조사상의 멀미도가 높다고 할 수 있다.

멀미도 조사와 MSI 계산은 절대적인 값의 의미는 아니며, ISO 기준에 의하면 낮은 저주파수 영역에서의 멀미를 할 가능성이 있음을 알 수 있다. MSI 계산상의 수직가속도 크기에 따라서 A, C, B 구역에서의 멀미도가 커지는 등 전체적으로 유사한 경향을 나타내고 있다.

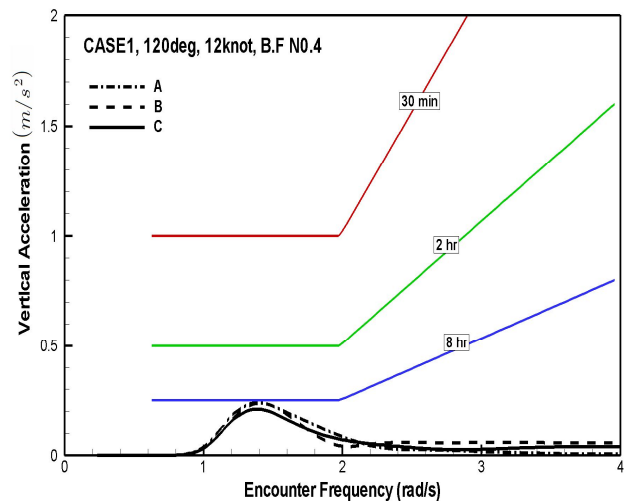


Fig. 3. Vertical acceleration(the 1st experiment).

2차 조사에서 조사 위치별로 멀미증상 결과는 Table 4와 같다. 중량중심으로부터 먼 A, C구역에서 멀미도가 상대적으로 높게 나타나고 있다. A구역에서는 67.8%가 멀미증상을 보였고, 상대적으로 가까운 B구역에서는 54.2%가 멀미증상을 보였다. C위치에서는 62.0%가 멀미증상을 보였다. A, B, C 위치에서의 멀미 반응을 종합하면 61.9%이었다.

Table 4. Rate of motion sickness of the 2nd experiment  
(Unit : Person, %)

Classification	BR.(A)	ENG.RM.(B)	ACCOM.(C)	Total
Number of people	28 (100)	24 (100)	166 (100)	218 (100)
Peoples getting MS	19 (67.8)	13 (54.2)	103 (62.0)	135 (61.9)
MS Ratio(%)	67.8	54.2	62.0	61.9

2차 조사에 대한 MSI 계산의 위치별 종합 결과는 Fig. 4와 같다. 위치별로 A, C구역은 조우주파수 영역에서의 수직가속도의 가중치 값을 나타내고 있으므로 2시간 이후, B구역은 8시간 이후가 되면 승객의 10%가 멀미를 할 가능성이 있다. 위치별 결과를 보면, 수직가속도가 높은 구역은 A, C, B 구역 순으로 나타내고 있다.

이와 같이 멀미도 조사와 MSI 계산의 비교에서 위치별 결과는 수직가속도가 높은 구역은 A, C, B 구역의 순이며, 멀미도도 A, C, B의 순으로 전체적으로 유사한 경향을 나타내고 있음을 알 수 있다.

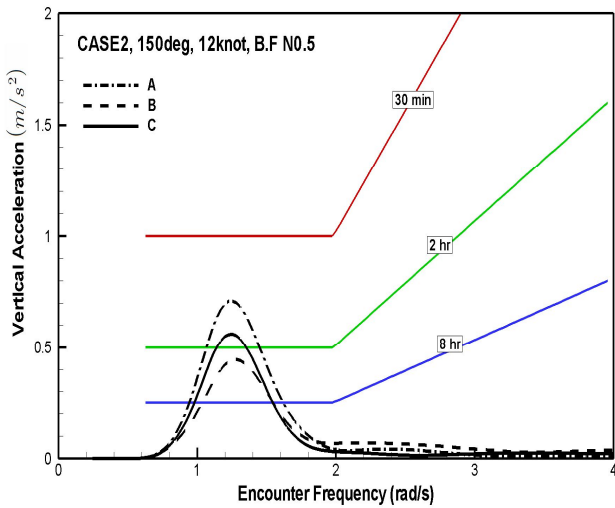


Fig. 4. Vertical acceleration(the 2nd experiment).

3차 조사에서 조사 위치별로 멀미증상을 보인 종합 결과는 Table 5와 같다. 조사 결과 A, B, C 구역 모두 멀미비율이 평균 67%가 초과하고 있으며, 중량중심에서 멀리 떨어져 있는 A구역에서는 멀미비율이 75.0%였다. 상대적으로 가까운 B위치에서는 멀미비율이 56.3%이었다. C위치에서는 멀미비율이 67.8%였다. 위치별로 A, B, C 구역 전체의 멀미 반응을 종합하면 67.5%가 멀미를 하는 것으로 알 수 있다.

Table 5. Rate of motion sickness of the 3rd experiment  
(Unit : Person, %)

Classification	BR.(A)	ENG.RM.(B)	ACCOM.(C)	Total
Number of people	16 (100)	16 (100)	174 (100)	206 (100)
Peoples getting MS	12 (75.0)	9 (56.3)	118 (67.8)	139 (67.5)
MS Ratio(%)	75.0	56.3	67.8	67.5

이 때, MSI 계산의 위치별 종합 결과는 Fig. 5와 같다. 전체 구역 A, C, B에서 조우주파수 영역에서의 수직가속도 가중치 값을 나타내고 있다. A구역에서 30분 이후가 되면 승객의 10%가 멀미를 할 가능성이 있다. 위치별로 C구역과 B 구역에서는 2시간 이후가 되면 승객의 10%가 멀미를 할 가능성이 있다. 멀미도 조사와 MSI 계산의 비교에서 위치별로 수직운동 가속도가 증가하면, 상대적으로 멀미도도 증가하고, 수직가속도가 높은 구역은 A, C, B 구역 순이며 멀미도도 A, C, B 순으로, 멀미도 조사와 MSI 계산 값이 전체적으로 유사한 경향을 나타내고 있음을 알 수 있다.

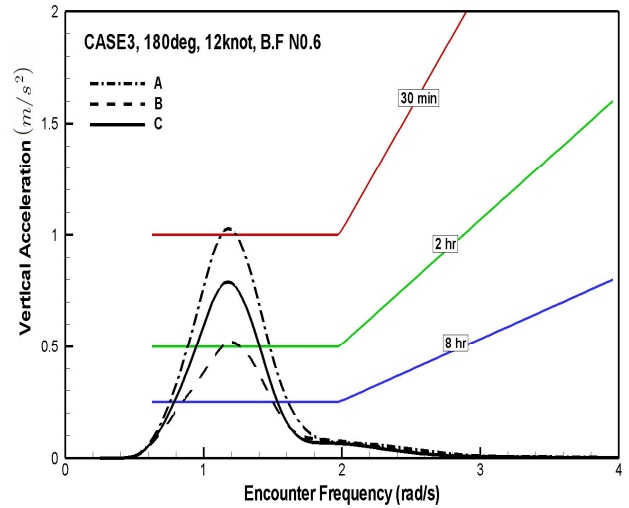


Fig. 5. Vertical acceleration(the 3rd experiment).

4차 조사에서 조사 위치별로 멀미증상을 보인 종합 결과는 Table 6과 같다. 조사 결과 A, B, C 구역 모두 멀미비율이 평균 70.0%를 초과하고 있으며, 중량중심에서 멀리 떨어져 있는 A구역에서는 멀미비율이 77.8%였다. 상대적으로 가까운 B위치에서는 멀미비율이 66.6%이었다. C위치에서는 멀미비율이 71.0%였다. 위치별로 A, B, C 구역 전체의 멀미 반응을 종합하면 70.6%가 멀미를 하는 것으로 알 수 있다.

실습선 가야호의 멀미도 조사와 MSI 계산의 비교 분석에 관한 연구

Table 6. Rate of motion sickness of the 4th experiment  
(Unit : Person, %)

Classification	BR.(A)	ENG.RM.(B)	ACCOM.(C)	Total
Number of people	18 (100)	12 (100)	180 (100)	210 (100)
Peoples getting MS	14 (77.8)	8 (66.6)	127 (70.6)	149 (71.0)
MS Ratio(%)	77.8	66.6	70.6	71.0

이 때, MSI 계산의 위치별 종합 결과는 Fig. 6과 같다. 전체 구역 A, C, B에서 조우주파수 영역에서의 수직가속도의 가중치 값을 나타내고 있다. A구역에서 30분 이후가 되면 승객의 10%가 멀미를 할 가능성이 있다. C구역에서는 30분 이후가 되면 승객의 10%가 멀미를 할 가능성이 있다. B구역에서는 2시간 이후가 되면 승객의 10%가 멀미를 할 가능성이 있다.

멀미도 조사와 MSI 계산의 비교에서 위치별로 수직운동가속도가 증가하면, 상대적으로 멀미도도 증가하고, 수직가속도가 높은 구역은 A, C, B 구역 순이며 멀미도도 같은 순으로 증가하여, 멀미도 조사와 MSI 계산 값이 전체적으로 유사한 경향을 나타내고 있음을 알 수 있다.

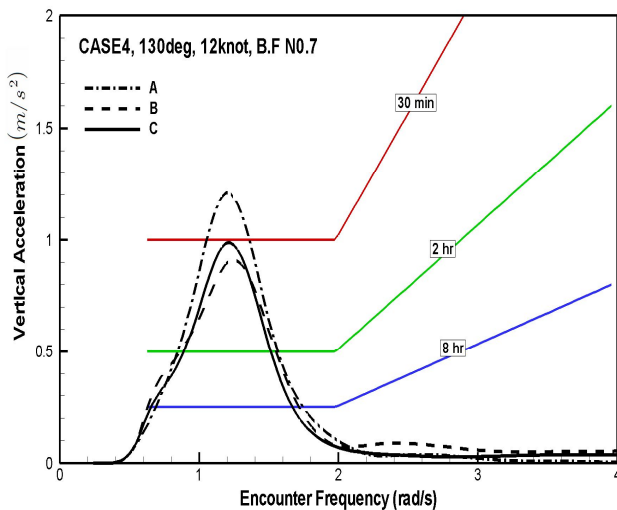


Fig. 6. Vertical acceleration(the 4th experiment).

5차 조사에서 조사 위치별로 멀미증상을 보인 종합 결과는 Table 7과 같다. 조사 결과 A, B, C 구역 모두 멀미비율이 평균 83.0%를 초과하고 있으며, 중량중심에서 멀리 떨어져 있는 A구역에서는 멀미비율이 88.9%였다. 상대적으로 가까운 B위치에서는 멀미비율이 76.0%였다. C위치에서는 멀미

비율이 83.5%였다. A, B, C 구역 전체를 종합하면 82.9%가 멀미를 하는 것을 알 수 있다.

실습선에 승선중인 학생들이 해상상태가 악화됨에 따라 멀미를 많이 하는 것을 알 수 있다. ISO 2631-1 규정에서는 특히, 0.1~0.5 Hz의 저주파수 영역에서 멀미의 발생 가능성이 높은 것으로 분석하고 있다.

5차 조사에 대한 MSI 계산의 위치별 종합 결과는 Fig. 7과 같다. 전체 위치별로 A, B, C에서 조우주파수 영역에서의 수직가속도 가중치 값을 나타내고 있다. A구역, B구역, C구역 각각에서 30분 이후가 되면 승객의 10%가 멀미를 할 가능성이 있다. 특히, 해상상태가 악화됨에 따라서 횡동요각(roll angle)을 받는 선박이 수직과 좌·우 가속도운동의 상호간섭 영향으로 더욱 더 많이 민감하다고 할 수 있다. 멀미도 조사와 MSI 계산의 비교에서 위치별로 수직 운동가속도가 증가하면, 상대적으로 멀미도도 증가하고, 수직 가속도가 높은 구역은 A, C, B 구역 순이며 멀미도도 같은 순으로 증가하여, 멀미도 조사와 MSI 계산 값이 전체적으로 유사한 경향을 나타내고 있음을 알 수 있다.

Table 7. Rate of motion sickness of the 4th experiment  
(Unit : Person, %)

Classification	BR.(A)	ENG.RM.(B)	ACCOM.(C)	Total
Number of people	18 (100)	25 (100)	167 (100)	210 (100)
Peoples getting MS	16 (88.9)	19 (76.0)	139 (83.2)	174 (82.9)
MS Ratio(%)	88.9	76.0	83.2	82.9

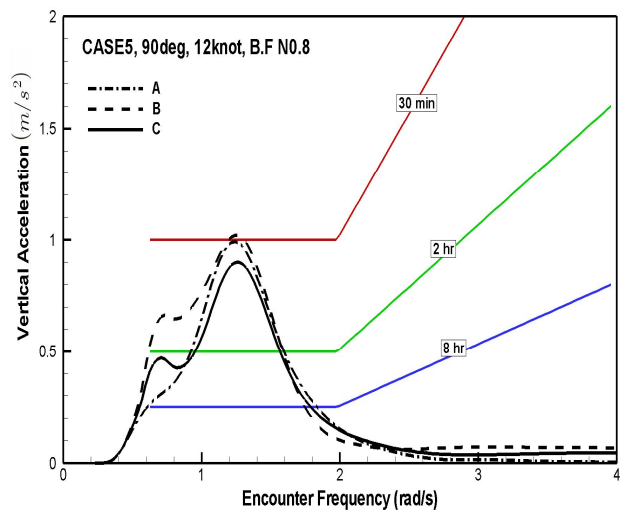


Fig. 7. Vertical acceleration(the 5th experiment).

#### 4. 결 론

부경대학교 실습선인 가야호를 대상으로 해상상태, 선수 각 조건, 선속, 그리고 선내 위치별로 멀미도를 계산하였고, 그 결과를 각 선내 위치별 운동 가속도의 변화에 따른 MSI의 가이드라인 및 실제 승선시의 설문조사결과와 비교·검토하였다. 5차에 걸쳐서 수행한 멀미도 조사와 MSI 계산 값을 비교·검토한 결과는 다음과 같다.

전체 멀미비율이 83.2%~88.9%를 보인 당시의 Beaufort scale은 No. 7~No. 8(유의파고 4.0~5.50 m, 평균과주기 7.72~9.05 sec)이었고, 선체의 중량중심에서 멀리 떨어져 있는 선교와 거주구역에서 수직가속도의 가중치가 높았으며, 멀미 비율도 높게 나타났다. 선수파에 비해 횡요시 수직가속도의 가중치가 높았다.

멀미도 조사와 MSI 계산의 비교에서는 운동 수직가속도가 증가하면, 상대적으로 멀미도도 증가하고, 수직가속도가 증가하는 구역과 멀미도 발생구역이 일치하였다.

특히, 부경대학교 실습선 가야호에서는 학생들이 승선하여 거주하는 거주구역에서의 멀미비율이 83.2%를 나타내고 있으므로, 멀미비율을 낮추기 위해서는 현재 위치에서 거주 구역을 선박의 중량중심에 가깝게 되도록 재배치할 필요가 있다. 이는 수직가속도를 낮추어 쾌적한 승선감 향상에 도움이 될 것이다.

또한, 해상상태가 악화됨에 따라서 횡동요각(roll angle)을 받는 선박이 수직과 좌·우가속도 운동의 상호간섭 영향으로 많이 민감하다고 할 수 있으므로, 멀미비율을 낮추기 위해서는 선수사파로 침로와 선속을 적절히 변경하는 것이 도움이 될 것이다.

#### References

- [1] BS 6841(1987), Human Exposure to Whole Body Mechanical Vibration Measurement and Evaluation.
- [2] Han, S. J.(2013), A Study on the Motion Characteristics and Motion Sickness of the Training Ship for Preliminary Design, Pukyong National University Doctor of Engineering.
- [3] ISO 2631-1(1997), Mechanical Vibration and Shock - Evaluation of Human Exposure to Whole-body Vibration-Part 1 : General requirement.
- [4] ISO 2631-3(1985), Evaluation of Human Exposure to Whole-body Vibration - Part 3 : Evaluation of Exposure to Whole-body Z-axis Vertical Vibration in the Frequency Range 0.1 to 0.63Hz.
- [5] Jung, C. H. and Y. S. Lee(2008), A Study on the Ship's

- Performance of T.S HANBADA(II). Journal of Navigation and Port Research, 32(5), pp. 333-339.
- [6] Lawther, A. and M. J. Griffin(1986), The Motion of a Ship at Sea and the Consequent Motion Sickness amongst Passengers, Ergonomics, 29(4), pp. 535-552.
- [7] Maxsurf Seakeeper Version 11.0 User Manual(2004), pp. 65-66.
- [8] O'Hanlon, J. F., E. Michael and M. E. McCauley(1973), Motion Sickness Incidence as a Function of the Frequency and Acceleration of Vertical Sinusoidal Motion, Human Factors Research, Incorporated.
- [9] O'Hanlon, J. F. and M. E. McCauley(1974), Motion Sickness Incidence as a Function of the Frequency and Acceleration of Vertical Sinusoidal Motion, Aerospace Medicine, 45, pp. 366-369.
- [10] Yoon, H. K., G. J. Lee and D. K. Lee(2008). Development of the Monitoring System of a Ship, Journal of Navigation and Port Research, 32(1), pp. 15-22.

---

원고접수일 : 2014년 02월 21일

원고수정일 : 2014년 04월 15일 (1차)

2014년 05월 16일 (2차)

게재확정일 : 2014년 08월 27일