실습선 가야호의 해상상태와 선내 위치에 따른 뱃멀미 지수에 관한 연구

한승재 · 하영록* · 김종화 · 이종근 · 김인철†

(* 부경대학교 · *거제대학교)

A Study on the Motion Sickness Incidence due to Sea State and Location of the Training Ship Kaya

Seung-Jae HAN · Young-Rok HA* · Jong-Hwa KIM · Jong-Gun LEE · In-Chul KIM†

(†Pukyong National University · *Kojje College)

Abstract

For boarding comfort and pleasant boarding sensitivity of passenger in passenger ship, there are a few methods such as motion sickness rate or MSI(Motion Sickness Incidence) to assess safety of passenger ship. To find out MSI or motion sickness rate of the training vessel Kaya of Pukyong National University, we use lots of various factors: sea condition, incident angle in main sail way, economic speed, calculation position of motion sickness, sea state, work place and reduce zone of ship. In this paper, we adopted Maxsurf Seakeeper program based on Strip Theory and carefully compared theoretical results with experimental results.

Key words : MSI(Motion Sickness Incidence), Training Ship, Maxsurf Seakeeper Program, Strip Theory

I. 서 론

선박은 복잡한 연성운동을 하므로 인간이 느끼는 멀미도의 정도가 다른 수송체 보다도 높다. 해상에서 운항하는 선박은 해상상태가 악화됨에 따라서 6자유도(Surge, Sway, Heave, Roll, Pitch, Yaw) 운동이 발생한다. 또한 운항하는 선박은 파랑중의 외력 때문에 6자유도 운동 외에도 일반적인 내향성능은 슬래밍(Slamming)의 충격현상과 파랑충격, 프로펠러 레이싱, 좌우가속도 등에 의해 선체동요가 발생한다. 선박의 동요가 심해지면 인체의 피로, 인지능력의 감소, 멀미, 활동성 및 숙련도의 저하 등과 같은 좋지 않은 결과를

초래하기도 한다. 그 중에서 멀미는 피로와 유사한 증상으로 나타나며 물리적, 심리적 측면에서 작업수행 능력이 급격히 떨어지고 정신적 활동의 지연이나 오류를 유발하며, 회복하는데도 상당한 시간이 소요된다.

승선감은 인간이 주관적 감각적 민감성으로부터 느낄 수 있는 다양한 요소, 즉 진동, 소음, 습도, 온도, 조도, 통풍, 시야 등의 복합적으로 결합되어 나타난다(Jung Chang-Hyun and Lee Yun-Sok 2008). 이들 중에서 특히 진동은 구조물이나 외력에 의해 발생한 진동이 인체에 전달되어 안정감 저하, 활동 방해, 건강악화, 과민반응과 멀미 등을 유발 시킨다. 멀미 발생과 연관된 변수로는

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

진동의 축, 진동 주파수, 진폭과 노출시간 등이 있다(ISO 2631-1 1997).

선체운동과 관련된 멀미도에 관한 연구도 다양하게 이루어졌다. O'Hanlon et al.(1973)은 승객이 일정한 주파수 운동에 대한 수직 가속도에 2시간 동안 노출되었다고 했을 때의 MSI(Motion Sickness Incidence, 뱃멀미 지수) 계산식을 여러 함수를 통하여 제안하였다. 여객선의 경우 승객의 안락함과 쾌적한 승선감 평가하는데 승객들의 멀미 발생률 또는 MSI 등 다양한 기준들을 활용하였다(O'Hanlon et al. 1973, Ikeda et al. 2000). 이러한 승선감과 가장 밀접한 관계가 있는 멀미증상이 어떤 요인에 의해 발생되고, 멀미증상이 유발되면 어떤 현상이 초래되는지 확인하였다(Jung Chang-Hyun and Lee Yun-Sok 2008). MSI는 통상적으로 2시간에 대한 뱃멀미의 발현확률을 백분율로 평가하고 있다.

선체운동 시뮬레이션에서 수직운동을 가정하여 0.0275~0.55g(RMS) 범위의 진폭과 0.083~0.7Hz 범위의 주파수에서 노출시간을 2시간으로 하여 500가지의 경우에 대해 실험을 행하였다. 이 실험에서 MSI라고 하는 멀미비율은 주파수, 진폭 그리고 지속시간의 함수로 평가하였다(O'Hanlon and McCauley 1974)

뱃멀미와 수직 운동사이의 상관관계를 확인하였다(Lawther and Griffin 1986). 대학 실습선의 초기설계 단계에서 운항 안전성과 쾌적한 승선감의 향상을 위해서는 수직가속도가 낮게 측정되는 선형 보정 또는 낮게 측정되는 위치를 선택하여 선형결정이 중요하다고 제시했다(Han Seung-Jae 2013).

본 연구에서 항해안전의 확보를 위해서는 실습선의 파랑 중 운동 성능을 평가하고, 쾌적한 승선감을 확보하기 위해서는 실제 해상에서 운항중인 선박의 선내 위치별 수직가속도 성분을 선체운동계산 기법을 통해서 구하고, 수직가속도 스펙트럼을 이용하여 가야호의 MSI를 계산한다. 실습선의 주요 항해지역의 해상조건과 입사각조건,

경제속도, 멀미도 계산위치, 해상상태, 근무지와 거주구역, 입사각에 따른 가속도 계산 결과와 MSI의 가이드라인과 비교·검토하여 멀미의 정도를 표시하였다.

II. 이론적 배경

1. 뱃멀미와 피로에 대한 ISO 2631-3 표준

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

[Fig. 1] ISO 2631-3 Severe Discomfort Boundaries

[Fig. 1]에서 멀미증상이 0.1~0.63 rad/s의 범위에서는 낮은 주파수 영역의 운동과 관련하여 해당하는 방법을 제시하고 있다. 멀미증상이 0.1~0.63

rad/s의 범위의 주파수 영역에서 운동이 가장 잘 나타나는 것으로는 선박에서 가장 심하다.

인체에 미치는 영향을 주는 진동은 1~80Hz (0.16~12.7 rad/s)로 주파수 범위에서 Hz는 ISO 2631-1에서 구분하고 있다. 이것들은 작업성이나 피로와 관련이 있다. 이는 [Fig. 2]에서 보이고 있다. 그림은 주파수의 함수로 가속도의 a_z 성분의 RMS 값의 한계를 나타낸다. [Fig. 2]와 [Fig. 1]에서 같은 방법으로 해석되어진다.

[Fig. 2]의 수직가속도 값에 2를 곱함으로써 건강과 안전에 관한 경계를 계산할 수 있으며, [Fig. 2]의 수직가속도 값을 3.15로 나눔으로써 편안함을 감소시키는 경계를 얻을 수 있다.

[Fig. 2] ISO 2631-1 Fatigue-decreased Proficiency Boundaries(ITTC, 1999)

2. Maxsurf Seakeeper 프로그램에 대한 MSI 계산

상용코드(Maxsurf Seakeeper V.11) 프로그램에 대한 뱃멀미 지수 또는 MSI에서는 구토 증상을 보이지 않을 정도의 멀미로서, 수직 가속도를 느

낄 수 있는 사람 수에 따라 결정된다. 가속도에 대한 멀미 여부는 가속도와 주파수에 크게 의존함을 알 수 있다(O'Hanlon et al. 1973). Maxsurf Seakeeper는 선박의 다양한 위치에서 평가된 MSI에 대해서 노출시간에 따라 제공된 표준 곡선에 대한 데이터를 포함하고 관심 지점의 수직 가속도의 크기에 따라 변화되는 MSI 곡선을 중첩시킬 수 있다(ISO 2631-3 1985, BS 6841 1987).

관심 지점의 주파수를 중심으로 1/3 옥타브 범위에서 수직가속도 스펙트럼 적분에 의해 다음의 식을 이용하여 계산된다.

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

여기서 주파수 간격 ω_{e1} 에서 ω_{e2} 는 ω_e 을 중심으로 1/3 옥타브 범위이고, $S_{vert\text{ accel}}$ 가속도는 선박의 관심 지점에서 절대 수직가속도 스펙트럼이다.

중심 주파수를 변화시킴으로써 수직 MSI 가속도의 그래프를 만들고 표준 곡선과 비교하여 MSI가 도출된다.

III. MSI 계산결과 및 고찰

1. 계산조건

임의 해역을 운항중인 선박의 선내 위치별 가속도를 계산하기 위해서는 해당 위치에서의 수직 가속도 성분을 구해야 한다. 선체운동계산 기법을 통해서 수직가속도를 구하고, 수직가속도 스펙트럼을 이용하여 가야호의 선내 위치에 따른 MSI를 계산한다. 수치계산 조건은 가야호의 주요 항행지역의 해상조건과 입사각조건, 경제속도, 멀미도 계산위치 등이며, 구체적인 사항은 <Table 1>과 같다.

선내계산 위치는 실제 운항중의 주요 근무지와 거주구역을 선택하여 [Fig. 3]과 같이 G/A에 나타냈다.

<Table 1> MSI of Calculation Condition

Item	Calculation Condition
Beaufort scale	No.4, No.5, No.6
Encounter angle	120°, 150°, 180°
Ship speed	12knot
Locations	A=Bridge(54.04, 0.0, 14.18) B=Engine R.(26.58, 4.20, 4.10) C=Accommodation(44.60, 2.73, 4.41)

[Fig. 3] MSI Calculation Location of KAYA

MSI 측정지점을 위한 좌표계는 [Fig. 4]와 같이 X축의 원점을 AP에 두고, Z축의 원점은 base line에 둔 좌표계 $O(X, Y, Z)$ 를 선정하였다. MSI 측정 지점은 선교는 A, 기관실은 B, 거주구역은 C로 나타내고, 위치에 따른 좌표 값은 <Table 1>과 같다.

그리고 MSI의 가이드라인은 [Fig. 1]을 이용하였다. Fig. 1은 뱃멀미에 적응이 되지 않은 성인 남녀의 멀미를 할 확률 10%에 대한 ISO 2631-3을 기준으로 작성한 그래프이다. 각 그래프는 조

우주과수에 대해 30분, 2시간, 8시간 노출 했을 때의 수직가속도의 RMS 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 rad/s~0.63 rad/s 영역이다.

[Fig. 4] MSI Measurement Location of KAYA

MSI 계산은 Beaufort scale 4, 5, 6을 선정하였으며, 선속은 실선의 경제속도인 $F_n = 0.230(12\text{knot})$ 을 선정하였다. 파도의 입사각은 선수사와 120°, 150°와 선수와 180°를 선정하였다. 계산위치는 선교는 A, 기관실은 B, 거주구역은 C에 대하여 비교하였다.

2. 계산결과 및 고찰

[Fig. 5]~[Fig. 13]은 해상상태에 따른 MSI 계산 결과이다. Beaufort scale 6일 때, 수직가속도의 가중치가 높게 나타나고 있다. 입사각 150°와 180°의 경우 A구역에서 30분 이후가 되면 승객의 10%가 개개인이 멀미를 할 가능성이 있다. B, C구역에서는 노출시간이 2시간 이후가 되면 승객의 10%가 개개인이 멀미를 할 가능성이 있다. Beaufort scale 5일 때, 입사각 120°의 경우 A, B, C구역에서 노출시간이 2시간 이후가 되면 승객의 10%가 개개인이 멀미를 할 가능성이 있다. 입

사각 150° , 180° 의 경우 A, C구역에서 노출시간이 2시간 이후가 되면 승객의 10%가 개개인이 멀미를 할 가능성이 있고, B구역에서 노출시간이 8시간 이후가 되면 승객의 10%가 개개인이 멀미를 할 가능성이 있다. Beaufort scale 4일 때, 모든 입사각의 경우 8시간 이내에 못 미치는 것을 알 수 있으며, A, C, B 순으로 낮은 수직가속도의 가중치가 보였다.

[Fig. 5] Vertical Acceleration due to the Sea State (120° , A Location)

[Fig. 6] Vertical Acceleration due to the Sea State (120° , B Location)

[Fig. 7] Vertical Acceleration due to the Sea State (120° , C Location)

[Fig. 8] Vertical Acceleration due to the Sea State (150° , A Location)

[Fig. 9] Vertical Acceleration due to the Sea State (150° , B Location)

[Fig. 10] Vertical Acceleration due to the Sea State (150°, C Location)

[Fig. 13] Vertical Acceleration due to the Sea State (180°, C Location)

[Fig. 11] Vertical Acceleration due to the Sea State (180°, A Location)

[Fig. 12] Vertical Acceleration due to the Sea State (180°, B Location)

[Fig. 14]~[Fig. 16]은 Beaufort scale 5일 때, 선내 근무지와 거주구역의 위치에 따른 MSI 계산 결과이다. A구역의 경우 전체 입사각에서 노출시간이 2시간 이후가 되면 승객의 10%가 개개인이 멀미를 할 가능성이 있다. C구역의 경우 전체 입사각에서 노출시간이 2시간 이후가 되면 승객의 10%가 개개인이 멀미를 할 가능성이 있다. B구역의 경우 전체 입사각에서 노출시간이 8시간 이후가 되면 승객의 10%가 멀미를 할 가능성이 있다.

[Fig. 14] Vertical Acceleration due to the Location (120°)

[Fig. 15] Vertical Acceleration due to the Location (150°)

[Fig. 17] Vertical Acceleration due to the Wave Direction(A Location)

[Fig. 16] Vertical Acceleration due to the Location (180°)

[Fig. 18] Vertical Acceleration due to the Wave Direction(B Location)

[Fig. 17]~[Fig. 19]는 Beaufort scale 5일 때, 입사각에 따른 MSI 계산 결과이다. 입사각 120°의 경우 수직가속도의 가중치가 높게 나타났다. 입사각 120°의 경우 A, B, C구역에서 노출시간이 2시간 이후가 되면 승객의 10%가 멀미를 할 가능성이 있다. 입사각 150°의 경우 A, C구역에서 노출시간이 2시간 이후가 되면 승객의 10%가 멀미를 할 가능성이 있다. 입사각 180°의 경우 B, C구역에서 노출시간이 8시간 이후가 되면 승객의 10%가 멀미를 할 가능성이 있다.

[Fig. 19] Vertical Acceleration due to the Wave Direction(C Location)

IV. 결 론

MSI 계산은 각각의 해상상태, 선내 근무지와 거주구역, 입사각 등에 대해 순차적으로 하였다.

해상상태에 따른 MSI 계산결과는 Beaufort scale 6일 때, 전체 입사각 중에서 선교구역인 A, 거주구역인 C구역에서 30분 이후가 되면 승객의 10% 개개인이 멀미를 할 가능성이 있으며, 특히, 해상상태가 거칠수록 수직가속도의 가중치가 높게 나타남을 알 수 있다. 전체 입사각에서 A, C, B구역 순으로 노출시간이 증가하면 승객의 10% 개개인이 멀미를 할 가능성이 있다.

선내 근무지와 거주구역의 위치에 따른 MSI 계산결과는 A, C구역의 경우 전체 입사각에서 노출시간이 2시간 이후가 되면 승객의 10%가 멀미를 할 가능성이 있다.

입사각에 따른 MSI 계산결과는 입사각 120° , 150° 의 경우 A, C구역에서 노출시간이 2시간 이후가 되면 승객의 10%가 멀미를 할 가능성이 있으며, 수직가속도의 가중치가 높게 측정되는 곳은 A, C, B구역 순으로 나타났다.

입사각에 따른 MSI 계산 결과는 120° 에서는 수직가속도의 가중치가 높게 나타났다.

Reference

BS 6841(1987). Human Exposure to Whole Body Mechanical Vibration Measurement and Evaluation.
Han, Seung-Jae(2013). A Study on the Motion Characteristics and Motion Sickness of the Training Ship for Preliminary Design, Pukyong National

University, Doctor of Engineering.
Ikeda, Y. and Kuroda, T.(2000). Evaluation of Seakeeping Performance of a Passenger Ship from the Point of View of Seasickness, Fourth Osaka Colloquium on Seakeeping Performance of Ships, Japan, 414~420.
ISO 2631-1(1997). Mechanical Vibration and Shock - Evaluation of Human Exposure to Whole-body Vibration-Part 1 : General requirement.
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.
ITTTC(1999). Recommended Procedures, Testing and Extrapolation Methods High Speed Marine Vehicles Excerpt of ISO 2631, Seasickness and Fatigue.
Jung, Chang-Hyun and Lee, Yun-Sok(2008). A Study on the Ship's Performance of T.S HANBADA(II), Journal of Navigation and Port Research, 32(5), 333~339.
Lawther A. and Griffin M. J.(1986). The Motion of a Ship at Sea and the Consequent Motion Sickness Amongst Passengers, Ergonomics, 29(4), 535~552.
O'Hanlon, J. F., Michael, E. and McCauley, M. E.(1973). Motion Sickness Incidence as a Function of the Frequency and Acceleration of Vertical Sinusoidal Motion, Human Factors Research Incorporated.
O'Hanlon, J. F. and McCauley, M. E.(1974). Motion Sickness Incidence as a Function of the Frequency and Acceleration of Vertical Sinusoidal Motion, Aerospace Medicine, 45, 366~369.

-
- 논문접수일 : 2013년 12월 04일
 - 심사완료일 : 1차 - 2013년 12월 31일
 - 게재확정일 : 2014년 01월 07일