

# 세관 감시선의 선내 위치변화에 따른 멀미도 지수에 대한 연구

박근홍 · 한승재\*

목포해양대학교(학생) · \*부경대학교(가야호)

## A Study on Analysis of Motion Sickness Incidence according to Location of the Customs Inspection Type Vessel

Geun-Hong PARK · Seung-Jae HAN\*

Mokpo National Maritime University(student) · \*Pukyong National University(kayaho officer)

### Abstract

Motion Sickness Incidence calculation study is conducted for fast and accurate performance of patrol type vessels. The MSI calculation for this ship's residence space is performed by using the maxsurf motion module, conditions for calculation is applied according to change heading angle and ship speed. The computational results of MSI is as follow; MSI is higher at crew's room when heading angle is 90degrees, at toilet when heading angle are 180 and 0degrees, and lower at wheel house. As a result, considering these results, the trend overall ship operation situation is analysed.

**Key words** : Patrol type vessel, Motion performance, Strip method, Vertical acceleration, MSI(Motion Sickness Incidence)

### I. 서론

고속으로 운항하는 선박은 복잡한 연성운동을 하므로 멀미 여부는 다양한 형태로 인간이 느끼는 멀미도의 정도가 다른 수송체 비해 높다고 할 수 있다. 이와 같이 운항 중 바람, 파도 등의 요인으로 인해 선체운동이 심해지면 안전성과 쾌적한 승선감 저하나, 선체구조물과 화물의 안전에도 영향을 미치게 된다. 특히, 과도한 선체운동의 영향으로 인해 선원과 여객에게 멀미 유발, 인체 피로, 의욕 감퇴, 판단력 저하, 활동성 및 숙련도 저하 등과 같은 이유로 좋지 않은 영향을 받게 된다. 이 중 멀미 여부로 인해 인체 피로와 유사하게 나타나며, 심리적 또는 물리적 측면에서 작업수행 능력 저하, 정신적 활동 지연 등을 유발

한다. 그리고 멀미는 멀미여부에 대한 요인에 의해 지속되고, 선체운동에 관한 노출시간이 지속되면 개개인의 주관적인 민감성과 선체운동의 강도에 따라 멀미여부가 달라진다.

선체운동에 의해 관련된 멀미도 MSI(Motion Sickness Incidence)에 대한 연구는 다방면으로 이루어져 왔다. 승선 중인 실습학생들을 대상으로 설문조사를 분석하여 승선감과 가장 밀접한 관계가 있는 멀미여부가 어떤 주요 요인에 의해 발생되고, 이러한 멀미여부가 유발되면, 어떤 현상이 초래되는지 분석하였다(Jung and Lee, 2008). 그리고 해상상태에 따른 수직가속도를 분석하기 위해 선내 여러 위치에서의 가속도를 계측하고 평가하였다(Yoon et al., 2008). 승객에 의해 일정한 주파수와 수직 가속도 운동에 대한 2시간 동안 노출

\* Corresponding author : 051-647-8583, sjhan1068@hanmail.net/0000-0003-4052-6966

되었을 때 뱃멀미 여부의 발생확률을 백분율로 평가하는 멀미도 지수 MSI(Motion Sickness Incidence)를 진폭과 주파수, 지속시간의 함수 등으로 평가하였다.(O'Hanlon and McCauley, 1974).

대학 실습선을 대상으로 상용 선박계산 프로그램인 Maxsurf Seakeeper를 이용하여 선체운동계산 기법을 통해서 수직 가속도 성분을 구하고, 수직 가속도 스펙트럼을 이용하여 멀미도 여부를 계산하였다. 이와 같이 승선 중인 실습생들의 대상으로 각 위치별로 수직 가속도가 증가하는 구역과 멀미도 발생구역이 일치하였으며, 운동 가속도의 변화에 따른 MSI 계산과 설문조사결과를 비교하였다(Han et al., 2014(a)). 그리고 선속변화에 따른 MSI 계산과 가속도 결과에 대한 멀미의 정도를 표시하였다(Han et al., 2014(b)).

실습선의 항해지역의 해상상태와 선내 위치별로 근무지와 거주구역 그리고 입사각에 따른 가속도와 MSI 계산 결과를 비교하였다(Han et al., 2014(c)). 선체운동에 따른 멀미도 여부는 실제 해상에서 운항 중인 승선학생들의 대상으로 멀미 시점에서는 어떠한 요인에 의해 멀미가 발생되고, 이러한 요인으로 멀미 여부가 나타나면 어떤 증상이 초래되는지를 조사하였으며, 이와 같이 설문조사의 결과를 바탕으로 선내 위치별로 멀미도(MSI)를 평가하였다(Han et al., (2014(d)). 선박의 주체원을 변화시키지 않고 LCB(Longitudinal Center of Buoyancy)의 기존 선형과 수정된 선형을 통해서 각 위치별 수직 가속도의 변화에 따른 MSI를 평가하였다(Han et al., 2014(e)). 조타실과 기관실에 근무하는 승선 경험이 없는 실습항해사와 기관사의 대상으로 선체운동과 멀미의 상관관계, 위치별 근무자의 멀미 민감성을 평가하였다(Kim et al., 2014). 최근에는 근무지와 거주구역 위치변화에 따른 MSI에 대한 영향 평가하였다(Han et al., 2016).

관공선은 국가, 지자체 등에서 운영하는 작업 수행업무의 공무용 선박으로서 [Fig. 1]에서 보는 바와 같이 해양구조선, 경비정, 어업지도선 등을

일컫는다. 이러한 관공선은 특수 목적의 상황에서 신속한 이동 및 정확한 임무수행이 요구된다. 이와 같이 고속운항이 가능한 활주선 형상이 요구되며, 신속·정확한 임무수행을 위해 뱃멀미 관련 운동성능 예측이 중요한 설계요소 중 하나이다.



(A) Fire vessel (B) Port patrol vessel

[Fig. 1] Shape of patrol ships.

고속으로 운항하는 관공선은 쾌적한 승선감과 항해 안전성의 확보를 위해서는 인지능력의 저하, 신체적 피로와 같은 멀미증상의 발생 여부를 최대한 줄여야 한다. 관공선의 신속하고 정확한 임무 수행을 위한 멀미도 계산 연구를 수행하였다. 멀미도 계산은 상용프로그램 Maxsurf Seakeeper를 이용하여 선체운동계산 기법을 통해서 수직 가속도 성분을 구하고, 수직 가속도 스펙트럼을 이용하여 멀미도 여부를 계산하였다. 본 연구에서는 고속 세관감시선의 연구 선형을 대상으로, 실제 세관감시선의 주요 항해지역의 해상조건과 거주 구역, 선속 및 입사파 변화에 따른 각 위치별로 수직 가속도계산 결과와 MSI에 대한 위치변화의 영향을 평가하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 멀미도 지수(MSI)

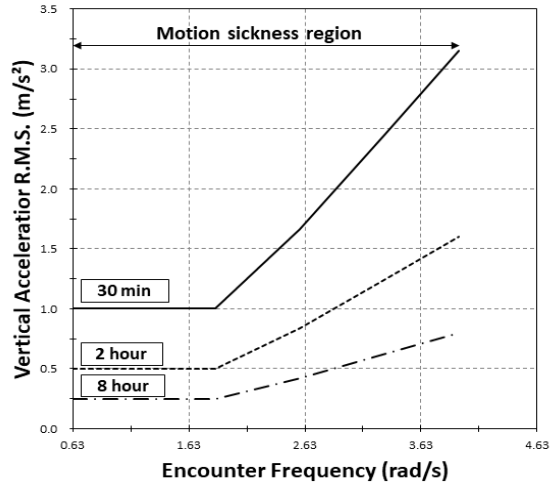
인체에 미치는 뱃멀미 유발 등의 영향으로 진동에 관련된 가장 중요한 기준은 주파수이다. 국제 규격 ISO에서는 인체진동에 관련된 영향을 미

치는 거동을 저주파수 운동(0.63Hz이하)과 진동(1~80Hz)으로 나누고 있다. 특히, 0.1~0.5Hz 사이의 저주파수 영역에서는 멀미 발생 여부로 인해 가능성이 높은 것으로 분석하고 있다(ISO 2631-1, 1997). 그리고 멀미 증상 여부에서는 자동차, 비행기, 선박 등으로 장시간 탑승하는 환경에서 많이 발생한다. 이 중에서 뱃멀미의 여부에 대한 발생원인은 사람의 모든 감각기관에 대해서 운동예측과 실제 받게 되는 운동이 불일치하고, 파랑, 바람 등의 다양한 환경요인 중에서 수행하는 작업 등에 의해 발생하는 것이라고 알려져 있다. 이와 같이 인간이 받는 가속도 중 수직가속도 성분이 뱃멀미에 가장 민감한 요소인 것으로 알려져 있다(ISO 2631-1, 1997). 이와 같이 MSI는 운동가속도와 노출시간에 대한 뱃멀미 여부의 발현확률을 백분율로 표시하고 있다. 이로 인해 운동 가속도에 대한 노출시간이 증가함에 따라 뱃멀미 여부의 발생 가능성이 증가한다. 이로 인해 적응은 오랜 시일이 지나야 얻어지며, 저주파수 운동의 감각은 개개인의 차이가 매우 크지만, 통계적으로 여성이 남성보다는 멀미를 심하게 하고 또한 나이가 많을수록 멀미 여부에 대한 빈도는 감소한다고 알려져 있다.

## 2. 멀미도 지수에 대한 ISO 2631-3 표준

뱃멀미에 대한 기준은 승선 중인 승객의 쾌적함의 평가를 위하여 만들어졌다. 현재 일반적으로 통용되고 있다. 관련 규정인(ISO 2631-3(1985))에서는 0.1~0.63Hz 범위에서 해당하는 운동으로 인해 인체에 유발하는 진동을 평가하는 방법을 제시하고 있다. 하지만, 다른 인체 진동분야와 달리 시험 및 데이터 확보가 어렵다. 이와 같이 다른 인체 진동분야와 달리 시험과 자료 확보가 어렵기 때문에, 심각한 불편함을 발생하는 범위(Severe Discomfort Boundaries)에 대한 가이드라인만이 제시되어 있다. 그리고 불쾌감 영역은 주파수와 가속도의 관계로 정의되며, 뱃멀미 여부를

일으키는 한계 가속도에 의해 노출 시간별 주파수 함수와 가속도의 실효값인 RMS (Root Mean Square)값으로 범위를 제공하고 있다[Fig. 2].



[Fig. 2] ISO 2631-3 Severe discomfort boundaries.

멀미 증상 여부는 주파수와 가속도에 크게 의존함을 알 수 있다(ISO 2631-3(1985)). 그리고 [Fig. 2]는 뱃멀미에 적응이 되지 않은 성인 남녀의 기준에 관한 ISO 2631-3을 기준으로 작성된 그래프이다. 각 그래프는 조우주파수에 대해 30분, 2시간, 8시간 노출 되었을 때의 수직 가속도의 RMS (Root Mean Square)값의 범위를 알 수 있다.

## 3. MSI 계산

본 연구에서 MSI계산을 위해 사용한 상용 코드(Maxsurf Seakeeper v.20) 프로그램에 대한 MSI 구조증상과 뱃멀미 지수에 의해 보이지 않을 정도의 뱃멀미 여부로서, 수직 가속도를 느끼는 사람의 수에 따라 결정된다.

Maxsurf Seakeeper는 선박의 다양한 여러 위치에서 평가된 MSI에 관해서 노출시간에 따라서 제공된 표준 곡선에 의한 데이터로부터 관심 지점에 대한 수직 가속도의 크기에 따라 변화되는

MSI 곡선을 증첩시킬 수 있다(Maxsurf Seakeeper Version 20 User Manual, 2013).

MSI(Motion Sickness Incidence)에 대한 관심 지점의 주파수를 중심으로 1/3 옥타브 범위(1/3 Octave Band)에서 수직 가속도 스펙트럼의 적분에 의해 구하고, 다음의 식과 같이 계산된다.

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

여기서 주파수 간격  $\omega_{e1}$ 에서  $\omega_{e2}$ 는  $\omega_e$ 를 중심으로 1/3 옥타브 범위이고,  $S_{vertical}$  수직 가속도는 선박의 여러 관심 위치에서의 절대 수직 가속도 스펙트럼이다. 중심 주파수를 변화하여 수직 MSI가속도의 그래프를 만들고 표준 곡선과 비교하여MSI가 도출된다.

#### 4. 관공선의 모델

본 연구에서는 고속 관공선의 MSI계산을 위해 실제 세관에서 운영 중인 30ton급 세관감시선의 선형을 사용하였다. 해당 선형은 특수목적 등의 상황에서 고속으로 운항 가능하도록 고속 활주선의 형상을 띄고 있으며, 최대 속도는 30knot이다.



(A) Customs inspection (B) Customs vessel model.

[Fig. 3] Patrol type vessel model.

[Fig. 3]은 30ton급 세관감시선의 대상으로 연구 선형의 실제 형상과 계산을 위해 모델링한 형상을 나타내고 있다. 멀미도 계산을 위해 하부 형상을 이용하였다. 또한 해당 선형의 주요 제한

은 <Table 1>과 같다.

<Table 1> Main dimension of analysis model

| Dimension    | Value     |
|--------------|-----------|
| LOA          | 22.080m   |
| LBP          | 19.600m   |
| Breadth      | 4.900m    |
| Draft        | 0.960m    |
| Displacement | 44.588ton |
| Max. Speed   | 30knot    |

#### 5. 해석방법

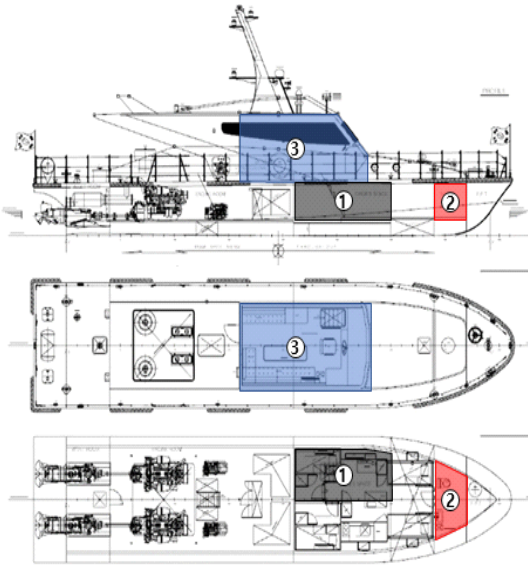
임의의 해석에서 운항 중인 선박의 선내 여러 위치별 가속도를 계산하기 위해서는 해당 위치에서의 수직 가속도 성분을 구해야 한다. 선체운동 기법을 이용하여 수직 가속도를 구하고, 수직 가속도 스펙트럼을 이용하여 관공선 선형에 의해 MSI를 계산한다. 승선 인원들이 사용하는 실제 공간의 기반으로 선정하였다. 수치계산 조건은 <Table 2>와 같다.

여기에서, Beaufort scale No.4를 적용하여 평균 풍속 6.75 m/s, 평균파주기  $\bar{T}$  3.86 s 그리고 유의 파고  $\overline{H}_{1/3}$  1.0 m이다. 파도의 선수각은 선수파 180°, 횡동요 90°, 선미파 0°를 선정하였다. 선속은 0, 14, 30Knot이다. [Fig. 4]에서 보는 바와 같이 세관 감시선은 연구 선형을 위해 모델링한 형상의 일반배치도이다. 1은 선내 거주구역, 2는 화장실, 3은 조타실 등 선내 위치에 따른 MSI를 계산하기 위해 X축의 원점을 선미수선(A.P., After Perpendicular)에 두고, Z축의 원점은 Base Line에 둔 X, Y, Z 좌표계로 표현된 위치를 나타내고 있으며, 각각의 좌표 값의 계산 위치는 <Table 3>과 같다.

여기에서, (A)는 선미파 0°, (B)는 횡동요 90°, 그리고 (C)는 선수파 180°를 나타내고 있다. 또한 선체 전반적인 영향을 분석하기 위한 입사파 및 선박의 정박, 저속, 고속운용상태를 고려한 선속 범위를 선정하였다.

<Table 2> MSI of calculate conditions

| Item            | Calculate conditions                                   |
|-----------------|--|
| Beaufort scale  | No.4   |
| Sea state       | $\overline{H}_{1/3} : 1.00m / \overline{T} : 3.86sec,$ |
| Encounter angle | A( $0^\circ$ ), B( $90^\circ$ ), C( $180^\circ$ )      |
| Ship speed      | 0, 14, 30knots   |
| Location        | Crew's room / Toilet / Wheel house                     |



[Fig. 4] MSI Calculation locations of patrol type vessel.

<Table 3> Coordinates of the MSI calculation locations

| No | Location    | X      | Y      | Z     |
|----|-------------|--------|--------|-------|
| A  | Crew's room | 12.63m | 1.50m  | 1.67m |
| B  | Toilet      | 18.50m | -0.05m | 3.62m |
| C  | Wheel house | 13.15m | 0.63m  | 1.87m |

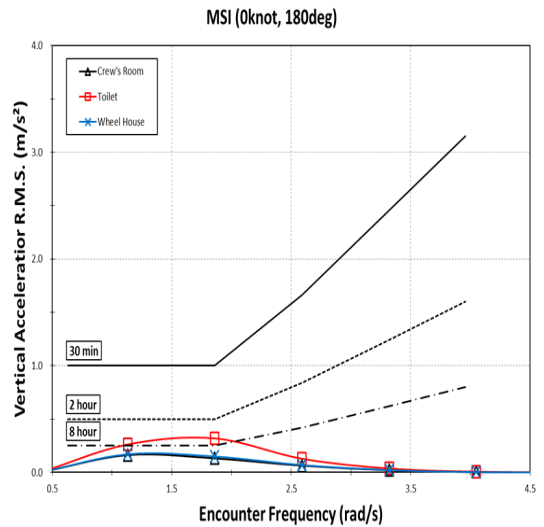
### III. 결과 및 고찰

고속 관공선에 대한 선내 근무지와 거주위치에

따른 수직 가속도 변화를 알아 보기위해, 고속 선형의 근무지와 거주구역, 입사과 및 선속을 통해 수직 가속도 변화를 정량적으로 비교하였다.

[Fig. 5] ~ [Fig. 13]은 Beaufort scale No.4일 때, 선내 근무지와 거주구역의 위치 변화에 따른 MSI 계산 결과이다.

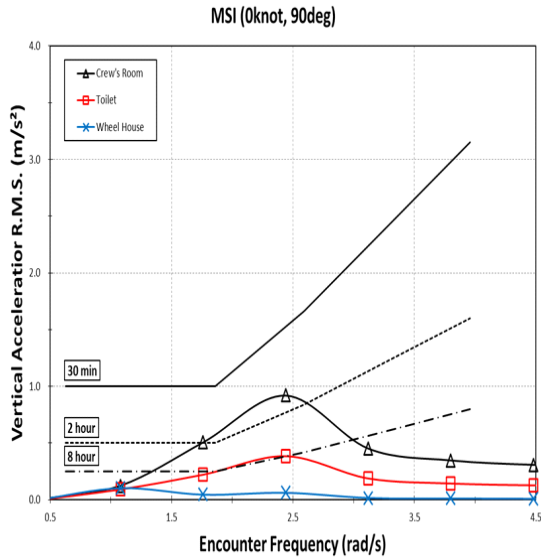
[Fig. 5] ~ [Fig. 7]에서 보는 바와 같이 투묘 정박 상태에서 입사과 방향에 따른 MSI 계산결과이다.



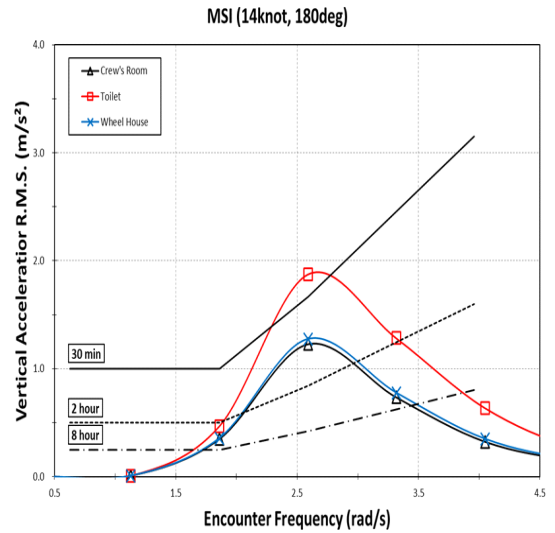
[Fig. 5] Comparisons of vertical acceleration in (0knot, C 180deg).

선박이 투묘 정박 상태인 경우, (A)선미와  $0^\circ$ 와 (C)선수와  $180^\circ$ 일 때, 선원침실(Crew's Room), 조타실(Wheel House) 구역에서는 8시간 이내에 못 미치는 것을 알 수 있으며, 낮은 수직 가속도의 가중치가 보였다. 그리고 화장실(Toilet) 구역에서 노출시간이 8시간 이후가 되면 멀미를 할 가능성이 있다.

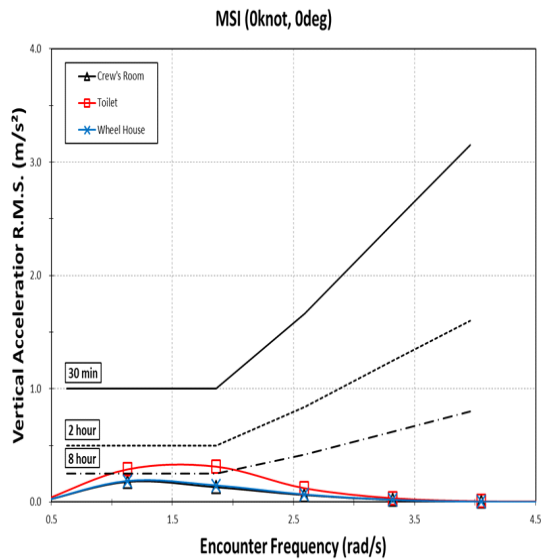
(B)횡동요의 경우,  $90^\circ$ 일 때, 선원침실(Crew's Room) 구역에서는 2시간 이후가 되면, 뱃멀미를 일으키는 한계 수직 가속도에 의해 노출 시간별 1.8 ~ 2.6 rad/s의 범위 내에서 멀미가 발생하는 것으로 나타났다.



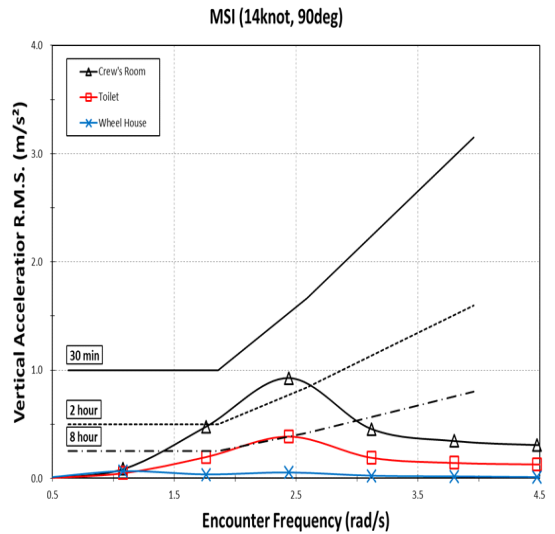
[Fig. 6] Comparisons of vertical acceleration in (0knot, B 90deg).



[Fig. 8] Comparisons of vertical acceleration in (14knot, C 180deg).



[Fig. 7] Comparisons of vertical acceleration in (0knot, A 0deg).



[Fig. 9] Comparisons of vertical acceleration in (14knot, B 90deg).

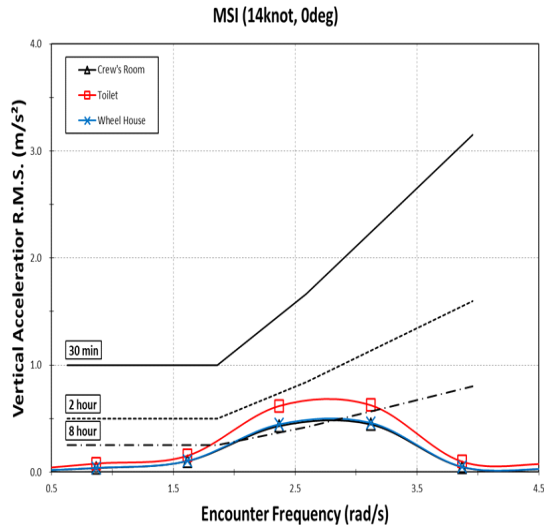
[Fig. 8] ~ [Fig. 10]에서 보는 바와 같이 14knot로 향해 상태에서 입사파 방향에 다른 MSI 계산결과이다.

여기에서, 선원침실(Crew's Room), 화장실 (Toilet), 그리고 조타실(Wheel House)을 나타내고 있다.

선속이 14knot로 향해 상태인 경우, (A)와 (B)의 경우, 화장실과 조타실 구역에는 8시간 이후



가 되면, 수직 가속도와 노출 시간에 의해 2.0 ~ 2.8rad/s의 범위 내에서 수직 가속도의 가중치가 보였다.



[Fig. 10] Comparisons of vertical acceleration in(14knot, A 0deg).

반면에 (B)의 경우 선원침실 구역에서는 2시간 이후가 되면, 수직 가속도와 노출 시간에 의해 1.7 ~ 2.6rad/s의 범위 내에서 멀미가 발생하는 것으로 나타났다.

(C)의 경우 화장실 구역에서는 30분 이후가 되면, 수직 가속도와 노출 시간에 의해 1.8 ~ 2.7rad/s의 범위 내에서 수직 가속도의 가중치가 보였다.

반면에, 선원침실과 조타실 구역에서 2시간 이후가 되면, 수직 가속도와 노출 시간에 의해 1.6 ~ 2.8rad/s의 범위 내에서 멀미가 발생하는 것으로 나타났다.

(C)의 경우, 화장실 구역 에서 30분 이후가 되면, 수직 가속도와 노출 시간에 의해 2.0 ~ 2.7rad/s의 범위 내에서 상대적으로 높은 수직 가속도의 가중치가 보였다.

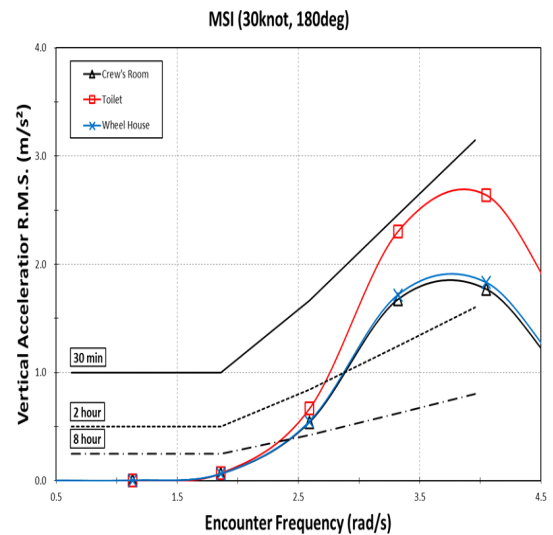
(B)의 경우, 2시간 이후가 되면, 선원침실 구역에서 수직 가속도와 노출 시간에 의해 1.8 ~

2.6rad/s의 범위 내에서 상대적으로 높은 수직 가속도의 가중치가 나타났다.

[Fig. 11] ~ [Fig. 13]에서 보는 바와 같이 30knots로 항해상태에서 입사과 방향에 다른 MSI 계산결과이다. 여기에서, 선원침실(Crew's Room), 화장실(Toilet), 그리고 조타실(Wheel House)을 나타내고 있다.

30knots로 고속 최대속도 항해상태 일 때, (C)와 (A)의 경우 화장실 구역에서는 30분 이후가 되면, 수직 가속도와 노출 시간에 의해 2.0 ~ 3.8rad/s의 범위 내에서 높은 수직 가속도의 가중치가 보였다. 그리고 선원침실과 조타실 위치 구역에서는 2시간 이후가 되면, 수직 가속도와 노출 시간에 의해 2.0 ~ 3.8rad/s의 범위 내에서 높은 수직 가속도의 가중치가 나타났다.

(B)의 경우, 선원침실 구역에서는 2시간 이후가 되면, 수직 가속도와 노출 시간에 의해 1.7 ~ 2.6rad/s의 범위 내에서 높은 수직 가속도의 가중치가 나타났다.

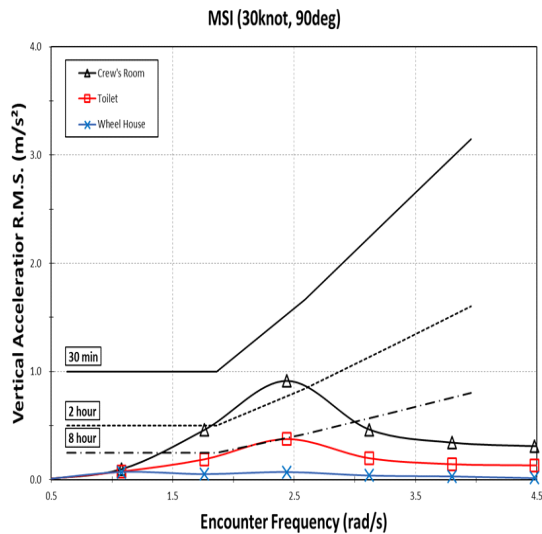


[Fig. 11] Comparisons of vertical acceleration in(30knots, C 180deg).

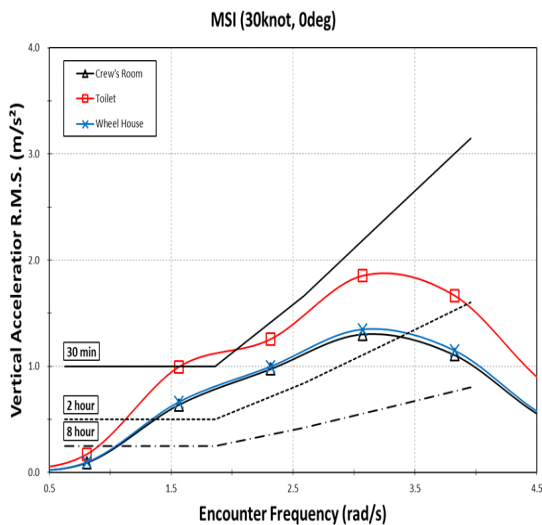
여기에서, 조타실 구역 보다는 화장실 구역에서 8시간 이후가 되면, 수직 가속도와 노출 시간에 의해 1.6 ~ 2.5rad/s의 범위 내에서 수직 가속

도의 가중치가 보였다.

30knots로 항해상태 일 때, (C)와 (A)의 경우 화장실 구역에서는 30분 이후가 되면, 수직 가속도와 노출 시간에 의해 2.0 ~ 3.8rad/s의 범위 내에서 상대적으로 높은 수직 가속도의 가중치가 보였다.



[Fig. 12] Comparisons of vertical acceleration in(30knots, B 90deg)



[Fig. 13] Comparisons of vertical acceleration in(30knots, A 0deg).

여기에서, 선원침실과 조타실 선내 위치 구역에서는 2시간 이후가 되면, 위치별 수직 가속도가 비슷한 형태로 가중치를 보이고 있다.

(B)의 경우, 선원침실 선내 위치구역에서는 2시간 이후가 되면, 수직 가속도와 노출 시간에 의해 1.6 ~ 2.6rad/s의 범위 내에서 상대적으로 높은 수직 가속도의 가중치를 나타내고 있다.

## IV 결론

본 논문에서는 30ton급 세관감시선에 대하여, MSI 계산은 해상조건, 선내 근무지와 거주 구역, 선속 및 입사파 변화에 따른 실제 승선 인원들이 사용하는 공간을 대상으로 하였으며, 계산 결과를 분석하여 설계 및 운용의 참고 자료로써 활용하고자 하였다. 또한 이러한 요소를 고려하여 전반적인 선박 운항 상황에서의 경향을 파악하기 위한 계산 조건의 선정결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

투표 정박 상태에서 입사파에 따른 선속 0Knot 일 때, (B)의 경우 선원침실 구역에서는 2시간 이후가 되면, 수직 가속도와 노출 시간에 의해 1.8 ~ 2.7rad/s의 범위 내에서 높은 수직 가속도의 가중치가 보였다. 그리고 (C)와 (A)의 경우 화장실 구역에서 8시간 이후가 되면, 수직 가속도와 노출 시간에 의해 0.7 ~ 1.8rad/s의 범위 내에서 높은 수직 가속도의 가중치가 보였다.

14knot로 항해상태인 경우, (C)의 경우, 선원침실과 조타실 구역 보다는 화장실 구역에서 30분 이후가 되면, 수직 가속도와 노출 시간에 의해 1.8 ~ 2.7rad/s의 범위 내에서 상대적으로 높은 수직 가속도의 가중치가 보였다.

(B)의 경우, 화장실과 조타실 구역 보다는 선원침실 구역에서 2시간 이후가 되면, 수직 가속도와 노출 시간에 의해 1.7 ~ 2.6rad/s의 범위 내에서 상대적으로 높은 수직 가속도의 가중치가 나타났다.



선속 30Knots로 항해상태의 경우, (C)와 (A)의 경우, 화장실 위치 구역에서는 30분 이후가 되면, 수직 가속도와 노출 시간에 의해 2.6 ~ 3.6rad/s의 범위 내에서 상대적으로 높은 수직 가속도의 가중치가 보였다.

선속 30knots로 항해상태인 경우, 입사파에 따른 (C)와 (A)에 비해 (B)의 경우 순서대로 보면, 조타실과 화장실 그리고 선원침실 구역 순으로 수직 가속도의 가중치를 나타내고 있다.

추후 Wheel House를 제외한 위치 변경을 고려하기 위해 중심 좌표 변경에 따른 추가 계산 연구가 필요하며, 운항 가능한 범위 내 해상환경에서 MSI계산 결과와 설문조사 등 실제 운항 결과 비교를 통한 연구가 수행 되어야 할 것으로 사료된다.

## References

- Han SJ, Ha YR and Kim IC(2014(a)). A Study on Comparison for Motion Sickness Inquiry with MSI Calculation for Training Ship Kaya. Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, 20(4), 412~418.  
<http://dx.doi.org/10.7837/kosomes.2014.20.4.412>
- Han SJ, Ha YR, Lee SC, Lee CW and Kim IC(2004(b)). A Study on Motion Sickness Incidence due to Changes in the Speed of the Training Ship Kaya. Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, 20(2), 228~233.  
<http://dx.doi.org/10.7837/kosomes.2014.20.2.228>
- Han SJ, Ha YR, Kim JH, Lee JG and Kim IC(2014(c)). A Study on the Motion Sickness Incidence due to Sea State and Location of the Training Ship Kaya. The Journal of Fisheries and Marine Sciences Education, 26(1), 127~137.  
<http://dx.doi.org/10.13000/JFMSE.2014.26.1.127>
- Han SJ, Ha YR, Kim JH, Lee JG, Lee SC and Kim IC(2014(d)). An Analysis of Inquiry for Motion Sickness Incidence of the Training Ship Kaya due to the Ship Motion. The Journal of Fisheries and Marine Sciences Education, 26(2), 430~436.  
<http://dx.doi.org/10.13000/JFMSE.2014.26.2.430>
- Han SJ, Lee SC, Ha YR, Jeong IG and Kim IC(2014(e)). A Study on the Improvement of MSI by Ship Hull Form Modification of the Training Ship. The Journal of Fisheries and Marine Sciences Education, 26(4), 686~694.  
<http://dx.doi.org/10.13000/JFMSE.2014.26.4.686>
- Han SJ, Ha YR, Lee SC, Jeong TY and Kim IC(2016). A Study on Decrease of Vertical Acceleration due to Changes in Location of the Habitation Division for Training Ship. The Journal of Fisheries and Marine Sciences Education, 28(1), 14~21. <http://dx.doi.org/10.13000/JFMSE.2016.28.1.14>
- ISO, 2631-1(1997). Mechanical Vibration and Shock - Evaluation of Human Exposure to Whole-body Vibration-Part 1 : General requirement, 1~23.
- ISO, 2631-3(1985). Evaluation of Human Exposure to Whole-body Vibration - Part 3 : valuation of Exposure to Whole-body Z-axis Vertical Vibration in the Frequency Range 0.1 to 0.63Hz, 1~3.
- Jung CH and Lee YS(2008). A Study on the Ship's Performance of T.S. HANBADA(Ⅱ). Journal of Navigation and Port Research, 32(5), 333-339.
- Kim DB, Kim BG, Rim GS, Kim HR and Kim CS(2014). A Study on the Sea-Sickness Susceptibility of Seafarer at the Wheel House and Engine Room. Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, 20(1), 042~048.  
<http://dx.doi.org/10.7837/kosomes.2014.20.1.042>
- Maxsurf Motions Version 20 User Manual(2013). 35~36.
- O'Hanlon JF and McCauley ME(1974). Motion Sickness Incidence as a Function of the Frequency and Acceleration of Vertical Sinusoidal Motion, Aerospace Medicine, 45, 366~369.
- Yoon HK, Lee GJ and Lee DK(2008). Development of the Motion Monitoring System of a Ship. Journal of Navigation and Port Research, 32(1), 15~22.

- 
- Received : 15 January, 2020
  - Revised : 14 February, 2020
  - Accepted : 21 February, 2020