

# 인체진동 관련 선박 규정 및 실선 적용 사례

## Rule and Application of Human Vibration to Ship

김대현† · 석호일\* · 이도경\* · 정태석\*\*

D.H Kim, H.I Seok, D.K Lee and T.S Jeong

### 1. 서론

인체진동은 외부의 진동이 인체와 접촉하는 부위를 통해 인체로 전달되는 진동을 말한다. 인간은 일상 생활에서 선박, 자동차, 항공 등과 같은 운송수단과 더불어 그라인더, 전동 드라이버 등과 같은 수공구를 통해 주로 인체진동을 경험하게 된다. 인체진동이 일상생활 속에서 지속적으로 또는 반복적으로 가해질 경우 인간의 몸은 불쾌감과 피로감을 느끼게 되고, 심한 경우에는 질병을 유발하기도 한다. 유럽과 미국 등지에서는 진동으로 인한 직업병 유발을 방지하기 위해 일찍부터 연구를 하고 있으며, 관련 규정들도 잘 정리되어 있다.

선박이 대형화, 고속화 되고 있고, 국제적인 주요 운송수단으로서의 활용도가 점차 높아짐에 따라 선원들의 근무환경에 대한 관심이 점차 높아지고 있으며, 이에 따라 선주 측에서도 선원의 거주구 및 작업공간의 환경 개선에 높은 관심을 나타내고 있다. 특히 장기 승선하는 선원들에게 선박의 진동/소음은 근무여건을 악화시키는 주요인으로 자리잡고 있다.

현재 자동차 분야에서는 차체 진동/시트 설계 등 전반적인 부분에서 인체 진동을 줄이기 위한 설계가 반영되고 있으며, 그 기술도 상당히 발달되어 있다. 그러나 선박의 경우 자동차보다 더 장시간 이용되는 운송수단임에도 불구하고 설계 시 인체진동보다는 구조적인 안정성에 초점이 맞추어져 있다. 선박 거주구의 경우 선체 진동과는 별도의 규정을 적용하고 있으나 직접 인체진동을 평가하는 것이 아니라 선체 진동 평가를 통해 간접적으로 수행하고 있는 실정이다.

본 논문에서는 선박에 적용되는 인체진동 관련 규정을 소개하고, 실제 적용이 필요한 경우와 실선 적용 사례를 소개하고자 한다. 인체진동 연구가 활발한 영국(Gibraltar FLAG의 선박)의 경우, 인체진동

의 계측 및 평가를 의무화하고 있다. 이는 선박에서도 인체진동에 대한 관심이 점차 높아지고 있음을 보여주는 사례라 할 수 있다.

### 2. 인체진동 관련 선박 규정

#### 2.1 DIRECTIVE 2002/44/EC

본 규정은 `The European Parliament and the Council of the European union`에 의해 제정된 것으로, Whole-body vibration 과 Hand-arm vibration 에 대한 규정을 정의하고 있다. Whole-body vibration 은 발, 엉덩이, 등 부위로 전달되는 진동을 의미하며, Hand-arm vibration 은 수공구 작업 시 손과 팔로 전달되는 진동을 의미한다. 1 일 표준 근로시간인 8 시간 기준으로 Whole-body vibration 의 경우  $1.15 \text{ m/s}^2(\text{rms})$ 을 넘지 않아야 하며, Hand-arm vibration 의 경우  $5 \text{ m/s}^2(\text{rms})$ 을 넘지 않아야 한다. 계측 방법의 경우 Whole-body vibration 의 경우 ISO 2631-1(1997), Hand-arm vibration 의 경우 ISO 5349-1(2001)을 따르도록 명시되어 있으며, 각 ISO rule 에는 계측 방법, 절차, Weighting factor, Data 평가 방법 등에 관해 서술되어 있다. 그 외에도 Directive 2002/44/EC 는 위험 평가, 과도진동 발생시 작업시간 조정 등 인체진동 관련 지침을 표기하여 작업자가 과진동 환경에서 작업하더라도 이로 인한 피로나 직업병이 발생하지 않도록 할 것을 명시하고 있다.

#### 2.2 UK-MCA CODE

본 규정은 영국의 MCA(Maritime and Coastguard Agency)에서 제정된 것이다. 본 규정의 CO80 P1 2/09 에는 Whole-body vibration 에 관한 규정을, CO80 P2 2/09 에는 Hand-transmitted vibration 에 대한 규정을 정의하고 있다. CO80 P1 및 P2 code 는 Directive 2002/44/EC 에 기반을 두고 작성된 것이며, 진동 기준 및 계측 방법은 Directive 2002/44/EC 와 동일하다. 이 외에도 작업자의 안전을 위하여 작업자의 인체진동 노출시간 조

† 교신저자; STX 조선해양

E-mail : dh\_kim@onestx.com

Tel : (055) 548-3389, Fax : (055) 548-3198

\* STX 조선해양 진동소음연구팀

\*\* STX 조선해양 구조연구실

절, 건강상태 점검, 관리자 및 작업자의 책임과 의무 등에 관한 내용들을 포함하고 있다.

현재 영국의 'The Red Ensign Group' 에 속한 FLAG 중 Gibraltar FLAG 는 해당 FLAG 에 등록하는 모든 선박들이 UK-MCA CODE 를 따를 것을 명시하고 있으며, 이에 따라 Whole-body vibration 및 Hand-transmitted vibration 을 계측하고 평가한 결과를 제출하게 되어 있다.

### 3. 실선 적용 사례

#### 3.1 6,500 CBM LPG

STX 조선해양에서 2010 년 상반기에 인도한 6.5K LPG Carrier 의 경우 FLAG 가 Marshall Islands 에서 Gibraltar 로 변경됨에 따라 UK-MCA CODE 의 적용을 받게 되어 Whole-body vibration 및 Hand-transmitted vibration 의 계측이 수행되었다. 총 2 척이 인도되었으며 인체진동의 계측 및 평가 결과는 Table 1 과 같다.

Table 1 실선의 Human vibration 계측 결과

| No. | Item                                    |              | Result(m/s <sup>2</sup> ,rms) |        | Limit                       |
|-----|---|--------------|-------------------------------|--------|-----------------------------|
|     |   |              | Ship.1                        | Ship.2 |                             |
| 1   | Chief engineer's day room on the B-deck | Seat surface | 0.29                          | 0.26   | 1.15 m/s <sup>2</sup> (rms) |
| 2   |   | Seat back    | 0.04                          | 0.07   |                             |
| 3   |   | Feet         | 0.12                          | 0.22   |                             |
| 4   | Captain's day room on the B-deck        | Seat surface | 0.34                          | 0.08   |                             |
| 5   |   | Seat back    | 0.04                          | 0.15   |                             |
| 6   |   | Feet         | 0.07                          | 0.21   |                             |
| 7   | Crew(5) room on the A-deck              | Seat surface | 0.04                          | 0.08   |                             |
| 8   |   | Seat back    | 0.04                          | 0.05   |                             |
| 9   |   | Feet         | 0.06                          | 0.10   |                             |
| 10  | Crew(1) room on the A-deck              | Seat surface | 0.04                          | 0.10   |                             |
| 11  |   | Seat back    | 0.03                          | 0.10   |                             |
| 12  |   | Feet         | 0.05                          | 0.10   |                             |
| 13  | Lathe                                   |              | 1.17                          | 0.66   | 5 m/s <sup>2</sup> (rms)    |
| 14  | Grinding machine                        |              | 2.13                          | 1.44   |                             |
| 15  | Drilling machine                        |              | 0.78                          | 0.75   |                             |

계측 장비는 B&K 사의 Pulse 와 3 축 센서를 내장하고 있는 whole-body 및 hand-arm 용 지그를 사용하였다. 계측방법은 UK-MCA CODE 에 따라 ISO 2631-1(1997) 및 ISO 5349-1(2001)의 절차를 따라 수행하였다.

계측 결과를 살펴보면 선박 거주구에서의 인체진동 규정이 1.15m/s<sup>2</sup> 인 것에 비해 최고 0.34m/s<sup>2</sup> 로, 거주구에서의 진동은 매우 양호함을 알 수 있다. 이

러한 결과는 선박 거주구 공간이 장기간 거주 및 생활에도 진동으로 인한 피로나 질병에 대해서는 적합한 환경임을 나타내고 있다. 수공구의 계측 결과도 5m/s<sup>2</sup> 를 넘지 않으며 규정에 적합한 인체 진동치를 나타내고 있다. 그러나 수공구의 경우 직접 물체를 가공하는 상태가 아니라 장비만 작동시킨 상태에서 계측한 것이므로 직접 물체를 가공할 때는 진동 값이 더 클 것으로 예상된다. 만일 인체진동이 규정치보다 높게 계측되는 경우 관리자는 작업자로 하여금 진동에 노출되는 작업 시간을 줄이고, 진동에 노출되지 않는 작업을 병행하도록 하여 작업자가 인체진동에 과도하게 노출되지 않도록 할 의무가 있다.

### 4. 결 론

선박분야는 특수한 경우를 제외하고는 인체진동에 관한 계측 및 평가가 이루어지지 않고 있다. 선원의 주 생활공간인 거주구에서도 선체 구조물의 진동을 계측하여 평가하고 있다. 이는 선박분야에서 인체진동이 아직까지 활성화 되지 않고 있음을 보여준다.

지금까지 선박분야에서 인체진동에 관한 계측 및 평가가 구체적으로 이루어지지 않았음에도 불구하고 급변의 실선사례의 결과는 선박의 거주구에서 발생하는 인체진동이 매우 양호함을 보여주고 있다. 이것은 현재의 선박설계 및 건조방법을 유지하여도 선체 진동에 의한 직업병의 발생 확률은 낮음을 보여준다.

자동차나 항공 분야에서는 승객의 기본적인 안전이 만족되고 있음에도 불구하고 인체진동에 대한 연구를 계속하고 있다. 이는 감성 품질을 더 향상시키기 위함이다. 현재 선박 분야에서는 선원들의 편안함보다는 구조적인 안정성에 더 중점을 두고 있다. 하지만 이제는 선사와 조선소에서 선박의 감성 품질을 향상시키는 것에 대한 관심을 키워가고 있다. 또한 영국의 Gibraltar FLAG 가 인체진동의 계측 및 평가를 요구하는 것은 이에 대한 국가적 관심도 증가하고 있음을 보여준다. 이는 앞으로 선박분야에서도 인체진동에 관한 관심이 더 높아질 것을 의미한다. 선박 분야에서도 인체진동의 관심이 높아지고 연구 개발이 지속되면 보다 편안하고 안전한 승선 환경을 만들 것이며 선박의 품질 향상에도 큰 도움이 될 것으로 판단된다.