

ISO 6954:2000의 현장 실용성 검토 및 개정에 대한 제안

Field Practicality Review and Revision Proposal in ISO 6954 : 2000

이돈출† · 로날드 디 바로*

Donchool Lee and Ronald D. Barro

Key Words :ISO6954:1984, ISO6954:2000, ISO2631-1, ISO2631-2, ISO20283-2, Ship habitability vibration (선박 거주구 진동), Green ship (그린 선박)

ABSTRACT

ISO6954:2000 (Mechanical vibration - Guidelines for the measurement, reporting and evaluation of vibration with regard to habitability on passenger and merchant ships) has taken effect as the governing body for vibration regarding habitability due to ship vibration. However, ISO6954:2000, when compared ISO6954:1984 (the first draft of ISO6954), needs to clear some deficiencies concerning convenience and reliability during field applications. In this paper, ISO6954:1984 and 2000 are proposed on their revisions in the future

1. 서 론

ISO 6954:2000(신판)⁽¹⁾은 종전 ISO 6954:1984 (구판)⁽²⁾을 개정보다는 전면적으로 변경하여 사용하고 있으나 관련된 엔지니어들에게는 혼란과 여러 가지 불편한 점이 있어 이유로 아직까지도 상당한 선급기관과 조선소에서 구판을 사용하고 있다. 구판은 기계적인 진동에, 신판은 주로 인체진동을⁽³⁻⁴⁾ 초점을 맞추어 제정되었다. 즉 기계적인 진동과 인체진동사이에서 공통점을 찾기 쉽지 않고 현재 ISO 20283-5로 개정 작업 중에 있다. 최근 그린 선박 (Green ship)과 함께 주 기관인 저속 2행정엔진의 상용회전수는 현저하게 떨어졌고, 전기추진방식, 극지운항 등 선박이 다양화됨으로써 주 저자의 주관적인 판단에는 ISO 6954:2000도 ISO 20283-5로 넘어 가면서 사용자를 위하여 개정작업이 필요할 것으로

판단된다.

본 연구에서는 선박의 설계, 진동 계측 업무를 수행하면서 겪어 왔던 개선점을 제안하고자 한다. 또한 진동 계측 분석을 위한 사례 모델로 여객선의 일종인 차도선과 연구 선박을 이용하였다.

2. 진동 신호 분석 방법 검토 및 개정의 필요성

선박의 설계자 또는 선주사의 입장에서는 진동 분석결과로부터 적어도 진동을 일으키는 기진원을 파악하고 필요에 따라 방진대책을 세워야 한다. 구판은 이를 만족하고 있지만 신판은 인체진동과 관계를 고려하여 1/3 옥타브 밴드로 가중치를 고려하여 Overall값만이 제공되도록 규정되어 이를 만족하지 못하고 있다. 이를 동시에 만족할 수 있는 방법으로 는 두 자료를 동시에 보고서에 포함하는 방법이 적합할 것으로 판단된다. Fig. 1은 차도선에서 객실의 상하진동을 계측한 결과로 속도에 대한 스펙트럼을 모은 Waterfall선도이다. 이를 신판을 기준으로 가중치를 고려하여 분석한 결과를 Fig. 2에 보인다. Fig. 3은 가속도로 분석된 결과로 엔진회전수에 대하여

† 이돈출; 정회원, 목포해양대학교 기관시스템공학부

E-mail : ldcvib@mmu.ac.kr

Tel : 061-240-7219, Fax : 061-240-7201

* 목포해양대학교 실습선

Contour map을 보인다. 역시 신폴를 적용한 가속도 수준을 Fig.4에 보인다. 이러한 가속치가 고려되지 않은 진동 스펙트럼과 신폴에 의한 인체진동을 판단할 수 있는 Overall을 동시에 보고서에 포함할 경우 편리하게 사용할 수 있어 문제는 없을 것으로 판단된다. 진동의 계측 위치는 ISO 20283-2⁽⁵⁾에 규정한 바와 같이 Fig. 5의 3~6위치에서 선실의 전선진동을 계측하고 분석하는 것이 합리적이다. 주 저자는 2축 이상의 선박에서는 프로펠러 위상에 따라 진동이 증감되는 맥놀이(beat) 현상이 자주 발생함을 경험하였다. 특히 공진영역에서는 이러한 맥놀이 현상이 크며 Fig. 4를 보면 프로펠러 최대회전수인 480rpm에서 Overall 진동 값은 약 1.8배로 편차가 크다. 더욱이 프로펠러의 회전수가 낮고 프로펠러 간격이 상대적으로 가까울 때 이 현상이 더 심하며 Fig. 6, 7은 한 연구 선박에서 계측된 진동의 맥놀이 현상이다.

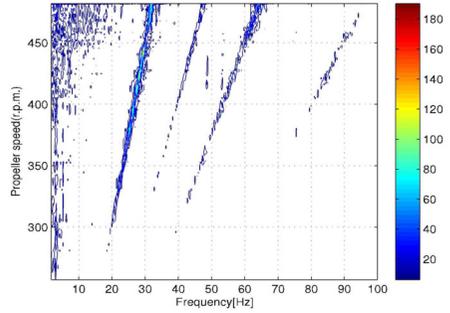


Fig. acceleration amplitudes (contour) on the car ferry cabin room (unit : mm/s²)

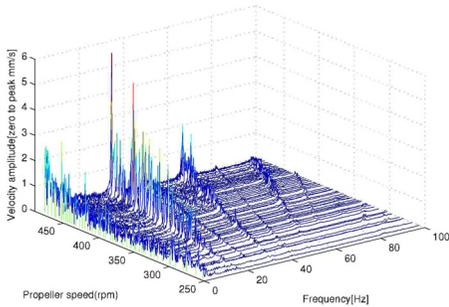
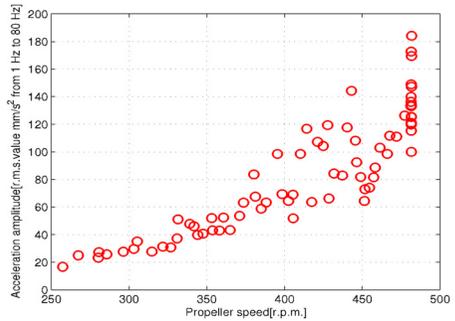


Fig. 1 The vertical velocity amplitudes (waterfall) on the car ferry cabin room



vertical acceleration amplitudes of car ferry cabin room ship based on ISO 6954:2000

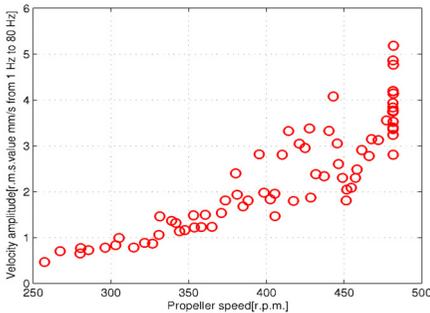
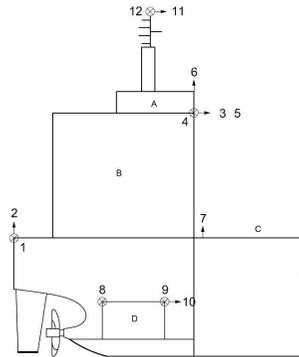


Fig. 2 The vertical velocity amplitudes of car ferry cabin room based on ISO 6954:2000



Key
A navigation bridge deck
B superstructure
C upper deck, main deck
D main engine
NOTE For numbers, see Table A.1.

Fig. 5 Illustration of global vibration measurement positions for typical merchant ships

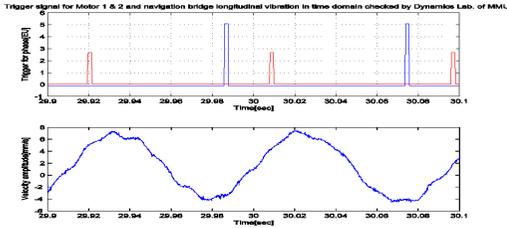


Fig. 6 The velocity amplitude of in-phase excitation between two propellers on the navigation bridge of research vessel

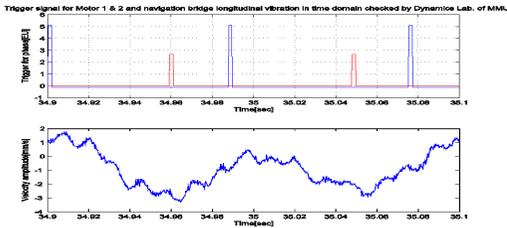


Fig. 7 The velocity amplitude of out-phase excitation between two propellers on the navigation bridge of research vessel

각 그림에서 상부는 두 모터의 회전계 신호이고 가속비는 0.2388 (4.188 :1)이고 프로펠러 날개 수는 4개였다. 여기서 두 진동의 크기는 프로펠러의 위상에 따라 서로 최고 3배 이상의 차이가 난다. 따라서 진동의 Peak-hold 개념으로 진동이 가장 큰 위상의 값으로 평가해야 한다.

진동 계측 시 가속도와 속도 센서 중 어느 것을 사용하여도 무난하다. 다만 주 기관의 연소과정에서 발생하는 충격을 제거하기 위하여 샘플링속도를 증가시키거나 또는 Low pass filter를 사용하여야 하는데 이런 기능을 사용하지 않고 샘플링속도를 낮추어 데이터 량을 줄일 목적이라면 속도센서가 더 효과적이다.

3. 진동에 대한 평가⁽⁶⁻⁸⁾

최근 그린 선박의 실현을 위하여 프로펠러 효율을 증대시키기 위하여 주 기관인 디젤엔진의 최대 회전속도는 Fig. 8에 보인바와 같이 초대형 유조선의 주 기관을 중심으로 54~72r.p.m.까지 내려 왔다. 이러한 선박에서 구관에서 진동의 가속도로 규제하고 있고 최대 엔진회전수가 68r.p.m (2013년 기준 최대회전수)이라고 하고 2차 불평형 우력에 의해서 진동이 일어난다고 가정할 경우 선박의 최대진동허

용수준은 가중치를 고려하지 않고 피크 값으로 환산하면 14.9mm/s, 구관 20.1mm/s(285 mm/s²) 피크 값으로 대단히 크며 회전수가 떨어지면 저주파 진동에 의해서 선실 및 주 기관에서 진동에 의한 피로 및 기계적인 손상을 초래할 가능성이 높다. 즉 ISO는 인체진동을 기준으로 규정을 정하였지만 기계적인 손상을 방지할 수 있는 추가적인 사항이 보완되어야 한다.

엔진제작사들은 에너지효율을 극대화하기 위하여 엔진의 부품에서 기계적 마찰을 줄이기 위해 부단한 노력을 하고 있다. 한 예로 0.1%의 연비개선을 위해 실린더 폭발순서 최적화에 의해서 크랭크축의 내부 모멘트를 감소시키려고 하고 있다. 신, 구관 모두 본문 안에서 진동규제에 대한 회전수는 정의되지 않아 진동의 허용 값은 전 운전 회전수 영역으로 확대 해석하고 이를 만족해야 한다. 그러나 주 기관을 잘 사용하지 않은 특정 구간의 진동을 줄이기 위하여 2차 밸런서 등과 같은 진동 감쇄장치를 선박에 추가 설치할 경우 기대 이상으로 에너지 손실을 초래할 수 있다. 선체진동도 선주사와 조선소는 서로의 계약에 의해서 선박의 특성에 따라 축계 비틀림 진동과 같이 상용회전수가 아닌 영역에서는 운전금지 구역을 설정(선급에서 허용함) 하여 사용할 수 있어야 한다. 특히 디젤엔진의 2차 불평형 우력에 의해서 특정 회전수만 진동이 심할 경우 이를 피하기 위하여 복잡한 기계식/전기식 밸런서나 역가진기를 설치하여 진동을 상쇄시키는 것은 진동제어차원에서 의미가 있지만 선박을 운항하는 선주사 입장에서는 수리보수 및 에너지 소모차원에서 비경제적일 수 있다. 즉 기계적 밸런서를 디젤엔진 내부에 설치할 경우 연료 소모량이 증가하게 된다. 또한 전기식 밸런서와 역가진기를 운전하기 위하여 전기 에너지의 소모가 증가하여 선박의 에너지 효율을 저하시킬 수 있다. 따라서 엔진사용빈도수가 적은 선체진동이 심한 특정구역에서는 선주사와 조선소가의 초기 건조계약서에 의해서 진동을 Quick-passing 할 수 있는 항을 추가하는 것이 바람직하다. 2기 이상의 프로펠러가 설치되는 선박에서 상용운전구역에서 공진이 일어나날 경우 진동계측은 공진영역에서 두 엔진의 속도를 동일하게 맞추고 충분한 계측데이터를 (2분 이상) 확보하고 분석 시 Peak-hold와 같이 진동이 큰 부분만을 골라 평가하는 것이 바람직하다.

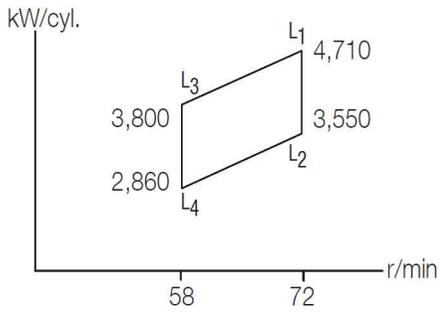


Fig. 8 MAN B&W G80 ME-C9 layout

4. 결 론

본 연구에서는 ISO 6954:2000 및 ISO 6954:19840 를 동시에 검토하면서 선박의 설계자와 선주사 입장을 동시에 고려하여 비합리적인 점들을 소개하고 개정작업을 위하여 개선점들을 요약 정리 하면 다음과 같다. 그리고 진동 계측 분석을 위해 사례모델로 여객선의 일종인 차도선과 연구 선박을 이용하였다.

(1) 상용회전수가 낮은 저속디젤엔진이 탑재된 그린 선박에서 ISO 6954:1984는 5Hz이하에서는 가속도만으로 진동 수준을 평가해야 하므로 저주파의 변위가 큰 경우 변위진폭에 대한 허용 값이 커서 기계적인 손상을 초래할 수 있다. 따라서 ISO 6954:1984는 변위진폭에 대한 규정으로 더 이상 사용이 부적합하며, ISO 6954:2000는 평가 기준은 속도와 가속도를 동시에 적용하고 있어 이 보다는 합리적이다. 다만 진동 계측 방법과 결과는 진동 기진원 확인과 방진대책을 세울 수 있도록 진동 스펙트럼에서 속도 또는 가속도를 중 하나만 제공할 것을 제안한다. 진동의 평가기준은 인체진동의 가중치를 고려한 r.m.s.값으로 ISO 20283-2의 계측 점에서 프로펠러의 회전수에 따른 값으로 보고서에 포함되어야 한다.

(2) 2개 이상의 프로펠러 추진 선박에서 프로펠러의 상호 위상 변화에 따라 진동이 증·감되는 맥놀이 현상이 발생할 수 있고 그 차도 크다. 따라서 진동 분석을 위하여 엔진운전 범위 내에 공진이 발생하면 공진점에서 위상 체크와 함께 의해서 충분한 계측 데이터를 확보하여 진동이 큰 부분을 중심으로

Peak-hold 방법에 의해서 진동을 평가하는 것이 바람직하다.

(3) 진동에 대한 평가영역에서 엔진의 사용 회전수에 대한 기준이 없다. 이를 보완하기 위하여 엔진을 자주 운전하지 않고 중요하지 않은 영역에서 진동이 일어난다하더라도 선주와 조선소간의 상호 계약에 의해서 진동이 구간은 운전금지구역을 설정하고 Quick-passing할 수 있도록 ISO 규정에 명시할 수 있도록 해야 한다. 즉 그린 선박에서 선박의 에너지효율을 높이기 위해서는 이 진동이 엔진의 상용 운전구역에서 일어나지 않는다면 기계적인 밸런서 또는 감쇄장치의 설치가 불필요할 수 있다.

참 고 문 헌

- (1) ISO6954, Second edition 2000-12-15, Mechanical vibration - Guidelines for the measurement, reporting and evaluation of vibration with regards to habitability on passenger and merchant ships.
- (2) ISO6954, First edition 1984-12-15, Mechanical vibration and shock - Guidelines for the overall evaluation of vibration in merchant ships.
- (3) ISO2361-1, Second edition 1997-05-01 Amendment 1 2010-07-01, Mechanical vibration and shick - Evaluation of human exposure to whole-body vibration - Part1:General requirement
- (4) ISO2631-2, Second edition 2003-04-21, Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration - Part2:Vibration in buildings (1 Hz to 80 Hz).
- (5) ISO20283-2, 1st edition 2008-11-01, Mechanical vibration - measurement of vibration on ships - Part2:Measurement of structure vibration.
- (6) Korean Register, 2014(3rd edition), Control of vibration and noise in ships, Textbooks Co., Ltd
- (7) Marco Biot, 2010, New for old ISO debates revamp of noise standard, The Naval Architect, March, pp. 48~51.
- (8) Nippon Kaiji Kyokai, 1984, Guide to ship vibration, Nippon Kaiji Kyokai, Tokyo.
- (9) Vertec, 1985, Vibration Control in Ships, Vertec, Norway.