

## 선박진동 허용기준

정 균 양 <현대중공업(주)>

### 1. 서 언

고 품질 선박 평가의 중요한 척도인 진동허용 기준에 대한 관심이 점차 높아지고 있다. 진동 허용기준은 선박 계약시 건조사양에 포함될 뿐 아니라 건조후 시운전 결과 평가시나 인도후 애프터 서비스 과정에서도 선주와 건조자간에 자주 거론되는 항목이다. 평가 관점으로서는

- 승무원의 거주성 및 작업성
- 구조 부재의 피로파괴 발생 가능성
- 기계 기기 기구들의 성능 보존성

등이 있으며 ISO(국제표준화기구)나 여러 선급 기준들이 사용되고 있다. 그러나 보다 쾌적한 거주구나 작업 구역을 원하는 탑승자들의 욕구가 커짐에 따라 최근 저 진동선을 요구하는 선주들의 허용기준에 대한 관심 또한 늘어나고 있다. 이에 따라 ISO는 선박진동의 종합평가 기준인 ISO 6954 개정 작업을 진행중에 있으며 일부 선급에서도 자체적으로 보완한 기준들을 제시하고 있다. 반면에 조선소들의 입장에서 보면 그간 진동 예측 방법과 방진설계 기술이 발전된 덕분에 심각한 진동문제는 많이 줄어들었다 하겠으나 90년대 이후 선박의 고속화에 따른 기진력 증가로 인하여 저 진동 선박 건조가 쉽지만은 않은 것이 최근의 상황이다.

따라서 본 고에서는 현재 사용되는 각종 선박진동 허용 기준들을 다시 정리하고 그중 강화될 전망이 있는 거주구 진동 허용기준에 대한 변화 추세를 살펴보고자 한다.

### 2. 허용 기준 현황

선박진동 허용기준들의 대부분은 한국선급이 발간한 선박진동소음제어지침[1]에 소개된 바 있다. 건조 현장에서 실제 사용되는 기준은 앞에서 언급한 세가지 평가 관점에 따라

- 거주구 및 작업구역의 진동평가
- 국부 구조물 진동평가
- 주 보기 진동평가
- 축계 진동 평가

로 구분된다. 이 기준들은 이미 일부 선급이나 국가 표준기관들에 의해 제시되어 쓰이고 있으나 기관 별로 허용값이나 적용방법에 차이가 있다. 이들을 국제적으로 공인된 허용기준으로 바꾸기 위한 노력은 일찌기 시작되어 국제표준화 기구인 ISO 내의 TC 108 (Technical Committee for Mechanical Vibration and Shock) SC4 (Subcommittee)에서 인간이 진동에 노출되는 한계 기준인 ISO 2631-1978을 발표하였고 1972년 SC2/WG2 (Working Group)에서는 상선 진동의 종합평가 코드인 ISO 6954를 1984년에 확정 발표하였다. 이어 ISO 2631도 1985년에 개정되었고 기기진동 평가기준인 ISO 3945, 2372 및 8528-9도 발행된바 있다. 현재는 대부분의 국가에서 ISO 기준을 선박진동 평가 기준으로 선호하고 있다.

#### 2.1 거주구 및 작업구역 진동 평가

##### 1) ISO 2631-1 [2]

ISO 2631은 진동하는 환경에 사람의 전신이 노출되는 경우의 평가 기준으로서 Part 1인 2631-1이 선박을 포함한 모든 수송기기의 진동환경 평가에 적용될 수 있는 기준이다. 이 평가기준은 1 Hz ~ 80

Hz 주파수 범위내에서 사람 몸체의 세방향, 즉 Z(발에서 머리), X(등에서 가슴), Y(오른편에서 왼편) 방향에 대하여 노출시간에 따라 평가레벨을 안락성 감퇴한계(reduced comfort boundary) 피로-능률 감퇴한계(fatigue-decreased proficiency boundary) 노출한계(exposure limit boundary)와 같이 3단계로 분류하고 있다. 따라서 수송기기 운전자의 작업효율을 유지하기 위해서는 피로-능률 한계를 적용하고 여객들의 안락성 평가를 위해서는 안락성 감퇴 한계를 적용할 수 있다. 평가 진동량으로서는 RMS가속도 값이 쓰인다.

## 2) ISO 6954 [3]

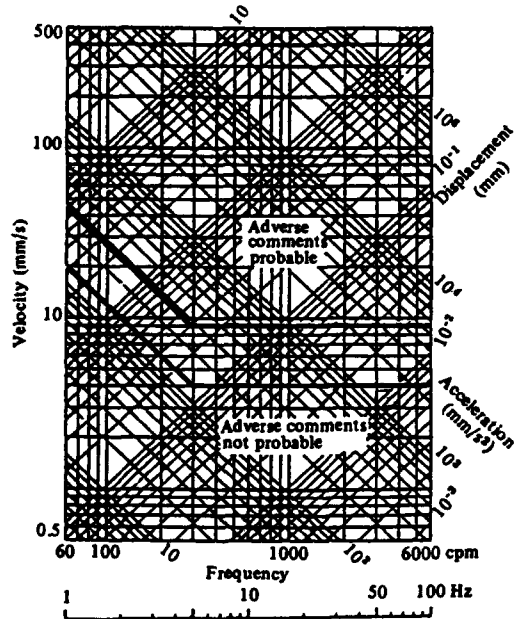
ISO 2631-1이 일반 수송기기의 진동 평가에 적용될 수 있는 반면에 ISO 6954는 선박에만 적용되도록 마련 되었기 때문에 현재는 가장 많이 사용되고 있다. 이 기준은 수선간 길이가 100 m 이상되는 상선에서 승무원이 주로 거주하는 구역의 1 Hz ~ 100 Hz 사이의 진동평가에 적용될 수 있는데 Fig. 1과 같이 상한선 (9 mm/s) 윗쪽은 문제가 되는 영역, 하한선 (4 mm/s) 아래쪽은 안전한 영역, 그 사이는 중간 영역으로 표시되어있다. 평가 진동량은 수직, 수평, 종방향 각각의 단일 주파수 성분의 최대반복값인 MRV(Maximum Repetitive Value)이다. 시간평균 RMS 값을 계측했을 경우엔 파고율(crest factor)인  $C_F\sqrt{2}$ 를 곱하여 MRV를 구하는데  $C_F$  (Conversion Factor) 값은 측정되거나 잠정적으로 1.8로 가정하도록 되어있다. ISO 6954의 상하한선은 SC2/WG2의 논의 과정에서 최소한의 진동요구값 및 설계 목표값으로 고려되었으며 실선 데이터 및 승무원의 감각등을 수집하여 데이터 베이스화한 허용값이기 때문에 기술적인 측면 뿐만 아니라 인체의 감각적 측면에서도 타당성이 있다.

## 2.2 국부 구조 진동 평가

국부 구조물 진동 계측 코드는 ISO 4868로 발행되어있으나 허용 기준은 ISO 코드에 나와있지않고 일부 선급에서 제시한 기준이 사용되고 있다.

### 1) BV (Bureau Veritas) 제안 [4]

구조부재의 진동기준은 진동변위 및 주파수와 밀접한 관계가 있는 구조물의 피로율 (rate of fatigue)에 근거하여 2 Hz 이상의 주파수범위에서 다음 두 기준을 동시에 만족하여야 구조물에 심한 손상이 발생하지 않는다고 되어있다.



Curve	Frequency range	
	1 to 5 Hz	5 to 100 Hz
Upper	peak acceleration = 285 mm/s <sup>2</sup>	peak velocity = 9 mm/s
Lower	peak acceleration = 126 mm/s <sup>2</sup>	peak velocity = 4 mm/s

Fig. 1 ISO 6954 Guidelines

- 최대 피크 변위량이 1 mm 보다 작고
- 최대 피크 속도가 100 mm/s를 넘지 말아야 한다.

### 2) LR (Lloyd) 제안 [5]

5 Hz ~ 300 Hz의 진동에 대한 철구조 부재의 파괴 위험에 대한 평가로서 피크 진동량이 다음 기준을 동시에 만족하여야 안전하다고 제안하고 있다.

- (i) 변위량이 0.25 mm 이하
- (ii) 속도는 30 mm/s 이하
- (iii) 가속도는 20 m/s<sup>2</sup> 이하

또한 다음 기준을 넘으면 파괴가 발생한다고 명시되어있다.

- (i) 변위량이 0.5 mm 이상
- (ii) 속도는 70 mm/s 이상
- (iii) 가속도는 40 m/s<sup>2</sup> 이상

상기 두 허용곡선 사이는 중간 영역이다.

### 3) DnV (Det norske Veritas) 규칙 [6]

DnV rule에 의하면 격벽, 보, 갑판, 선루에 대한 진동허용값은 주파수 범위 3 ~ 30 Hz에 대해 50

mm/s, 30 ~ 100 Hz에서는 0.7 G (G = 9.810 mm/s<sup>2</sup>)를 제시하고 있다. 그러나 DnV는 구조부재의 파손이나 기기 작동에 손상이 가해지는 진동은 일반적으로 먼저 승무원을 건디기 힘들게 한다고 참고 문헌 [7]에서 결론 짓고 있다.

### 2.3 주·보기 진동평가

주기관 및 발전기, 펌프, 모터등 보기의 진동평가는 종류, 용량 및 진동부위별로 적용되는 기준이 다르다. 왕복동 기관이나 회전기기에 대한 진동량은 RMS 속도 값이나 변위값이 쓰이며 복수 주파수 성분을 갖는 기관이나 기기의 경우에는 각 조화성분 제곱합의 제곱근인 vibration severity로 평가한다.

$$\text{vibration severity} = \left[ \sum_{k=1}^n V_k^2 \right]^{1/2}$$

여기서,  $V_k$ : RMS 진동속도의 k 차 성분  
n: 계산에 사용되는 최대 차수

#### 1) 대형 저속 디젤 주기관의 진동평가

주기관 본체의 앞 상단에서 계측된 severity가 일본 박용기관학회(MESJ) 허용값인 18 mm/s RMS [8]와 비교하거나 B&W에서 제시하는 다음 허용기준을 적용할 수 있다.

- 1 mm peak for 1 ~ 4 Hz
- 25 mm/s peak for 4 ~ 64 Hz
- 10<sup>4</sup> mm/s<sup>2</sup> peak for over 64 Hz

#### 2) 회전기기 진동평가 [9 - 11]

ISO 2372, ISO 3945, VDI 2056 및 BV 기준이 있으며 거의 같은 용량별 허용값을 제시하고 있으며 이들 내용의 비교는 참고문헌 [1]에 수록되어 있다.

또한 ISO 8528-9 [12]는 왕복동 내연기관으로 작동되는 교류발전기 진동의 계측 및 평가에 관한 것으로 계측부위, 방향, 조건등 계측방법을 기술하고 있으며 기관 부위와 발전기 부위의 진동허용값을 보이고 있다.

### 2.4 축계진동 평가

박용기관의 각종 축계 진동 평가에는 주로 비틀진동문제가 거론되기 때문에 각 선급 규정[13-17]에서 비틀진동의 부가응력 허용한계를 제시하고 있다. 또한 종진동은 대형 디젤기관의 경우 크랭크 축의 종변위와 폭발가스에 의한 중기진력으로 인하여 문제가

되므로 종진동 뎀퍼를 상비하고 있으며 기관 제작자들이 크랭크축의 허용변위를 제시하고 있다[1].

#### 1) 비틀진동의 허용기준

각종 축에대한 여러 선급의 부가응력 허용 한도는 대동소이 하므로 한국선급(KR)에서 제시한 크랭크 및 추진축 기준[13]에 대하여만 설명한다.

##### 가) 크랭크 축

재료의 피로를 고려한 경우에 허용할 수 있는 최대 부가응력  $\tau_1$  (kg/cm<sup>2</sup>)은

- 4행정 직렬 및 열간 착화간격이 45° 및 60° 인 4행정 V형기관인 경우

$$\tau_1 = 460 - 290 \lambda^2 \quad (0 \leq \lambda \leq 1)$$

- 2행정 기관 및 4행정 V형기관으로서 열간 착화 간격이 45°, 60° 이외의 경우

$$\tau_1 = 460 - 295 \lambda^2 \quad (0 \leq \lambda \leq 1)$$

여기서  $\lambda$ 는 사용회전수와 연속 최대 회전수와 의 비이다.

재료의 항복을 고려한 경우, 즉 신속하게 회전 수 범위를 통과하는 경우에 허용할 수 있는 최대 부가응력  $\tau_2$  (kg/cm<sup>2</sup>)는

$$\tau_2 = 2\tau_1 \quad (0 \leq \lambda \leq 0.8)$$

##### 나) 중간축, 추력축, 프로펠러 축 및 선미관 축

$$\tau_1 = \frac{T_s + 16.3}{0.18} C_k C_d (3 - 2\lambda^2) \quad (0 \leq \lambda \leq 0.9)$$

$$\tau_1 = 1.38 \cdot \frac{T_s + 16.3}{0.18} C_k C_d \quad (0.9 \leq \lambda \leq 1.05)$$

$$\tau_2 = 1.7\tau_1 / \sqrt{C_k} \quad (\lambda \leq 0.8)$$

여기서  $T_s$ 는 축 재료의 설계 인장강도 (kg/mm<sup>2</sup>)이며  $C_d$ 는 축 지름 크기에 관한 계수로서  $C_d = 0.35 + 0.93 d^{0.2}$  ( $d$ : 축 지름 (mm))이다. 또한  $C_k$ 는 축의 종류 및 모양에 관한 계수로서 프로펠러 축 및 선미관 축의 경우 0.55, 추력축에 대하여는 0.85, 중간축에 대하여는 0.6 (키 홈이 있는 경우)이나 1.0 (일체식 커플링 프렌지 또는 수축 끼워 맞춤 커플링 프렌지)이 적용된다.

#### 2) 종진동의 허용기준

실제적인 판단의 기준으로서 B & W 기관에서는 크랭크축 앞단의 진폭 허용한계를 1~4 mm (peak

to peak)로 제시하고 있다.

### 3. 거주구 진동 허용 기준의 개정 전망

선박 건조사양에 명시되어 건조후 시운전 결과의 평가에 가장 많이 적용되는 기준은 ISO 6954로서 ISO내의 전문위원회인 TC(Technical Committee)에서 기준 원안의 심의 및 개정 작업을 하고있다. TC 108 내에서 ISO 6954를 취급하는 작업위원회 WG(Working Group)는 SC2/WG2로서 P(Participation) member 20개국 및 O(Observer) member 10개국으로 구성되어 있으며 기준안을 신규 제정하거나 개정 하려면 P 회원수의 75% 이상이 찬성해야 한다. 따라서 기준 신규제정이나 개정에는 수년씩 걸리는 것이 보통이며 ISO 6954의 경우 발행직후인 1984년 부터 개정 작업이 계속되고 있다.

#### 3.1 현 ISO 6954 적용상의 문제점

ISO 6954는 선박진동평가 기준으로서 가장 많이 쓰이고 있기는 하나 다음 세가지 문제점이 보완되어야 한다는 의견들이 대두되어있다 [18].

- 단일 주파수 성분으로 세방향 진동을 개별 평가하는것이 실제 선상에서 느끼는 진동감과 맞지 않는다는 점.
- 평가 진동량인 MRV를 계측결과로부터 구하는 방법이 구체적으로 명시되어 있지 않은 점.
- RMS 계측값에 crest factor인  $C_F \sqrt{2}$  를 곱하여 MRV를 산출할 경우  $C_F$ 를 1.8로 사용토록 하고 있으나 실선 진동에서  $C_F$ 값은 진동수나 진동차수에 따라 큰 차이가 있어 일률적인 적용이 불합리하다는 점.

등이다. ISO 6954 제안당시 MRV를 구하는 방법이 명확하지 않은점이 지적되었으나 작업위원회에서는 실선데이터를 기초로한 평가곡선을 작성했으므로 평가 진동량을 변경하는 문제는 추후 검토하기로 합의하였다.

#### 3.2 SC2/WG2의 최근활동

1) WG2는 1984년 독일의 Dr. Chirila가 위원장을 맡아 ISO 6954의 개정작업을 시작하였는데 우선 MRV의 정의 및 산출법부터 심의하고 개정 방향이 정해지면 다른 문제점 들을 검토하기로 하였다. 그후 수차례 모임끝에 1990년 이태리 Milano 회의에서 정식 초안을 작성하기로 하고 1990년 7월 위원회 초안 (committee draft)인 ISO/CD 6954를 작성하

여 "Guide for the evaluation of multifrequency mechanical vibration in the living and working area on ships and floating structures"란 제목으로 P member 들에게 제출하였다. 이 개정안은 복수 주파수 성분 평가 제안으로서 60초간 측정 한 진동신호를  $\Delta t = 4$ 초 길이로 15개 신호를 추출 (sampling)하여 스펙트럼 분석후 이중 가장 큰값을 MRA로 하고, MRA를 현 ISO 6954 하한선에 대한 가중율에 따라 모든 성분의 제곱합의 제곱근으로 환산한 값을 진동평가량으로 하였다. 즉 평가량  $EV_L = 4.0 \times (\sum \frac{V_i}{V_{Li}})^{1/2}$ ,  $V_i$ 는 MRA의 i성분,  $V_{Li} = 4.0$  mm/s로 한다는 것이 주요 개정 내용이었다[19]. 그러나 ISO/CD 6954는 정회원국 20 개국중 5 개국만 찬성하여 채택되지 못하였다 [20].

2) 1991년 부터 미국의 A. Kilcullen이 WG2 위원장을 맡게 되었고 1991년 9월 일본 Kobe회의에서는 다음 두가지 사항이 의결되었다 [21].

- TC 108 내의 새로운 subcommittee인 SC 7의 업무영역은 "Measurement and evaluation of mechanical vibration and shock as applied to ships and their machinery and equipment"로 하고 SC2/WG2는 SC4/WG2와 선박진동 자료 수집 및 평가를 위한 공동 작업을 제외한다.
- 추후 개정될 ISO 6954의 주요 내용은 복수주파수 진동 평가, 스펙트럼 해석 파라미터의 사용지침 및 RMS 평가 진동량의 도입으로 한다.

3) 1993년 3월 영국 London 회의에서는 그간 제출된 미국의 안([23], 다음절에 내용 설명)에 대한 각국 코멘트를 미국이 검토하여 새로운 제안을 제출하기로 하였으며 일본은 9척의 실선 계측결과를 토대로 현 ISO 6954의 상한선 및 하한선 peak 값에 해당하는 RMS 값을 제안하였다.

4) 1994년 4월 독일 Hamburg에서 임시 회의가 열렸으나 그 내용은 입수하지 못하였고 1994년 9월 독일 Berlin에서 SC2회의가 개최될 예정이다 [24].

#### 3.3 거주구 평가 기준에 대한 각국의 제안

- 1) 미국 조선학회 SNAME 제안 ([23], Fig. 2)
  - MRV를 시간영역에서 직접 추출하여 현

- ISO 6954 그림에 직접 표시 평가하거나
- RMS값을 새 상한선 ( $C_F = 1.8$ 을 사용하여 상한선은 3.6 mm/s, 하한선은 1.6 mm/s)을 갖춘 그림상에 표시하되
- 5 Hz 이하 성분은 별도의 고려없이 5 Hz 이상의 상한선을 1 Hz까지 연장한 허용 기준으로 평가한다.

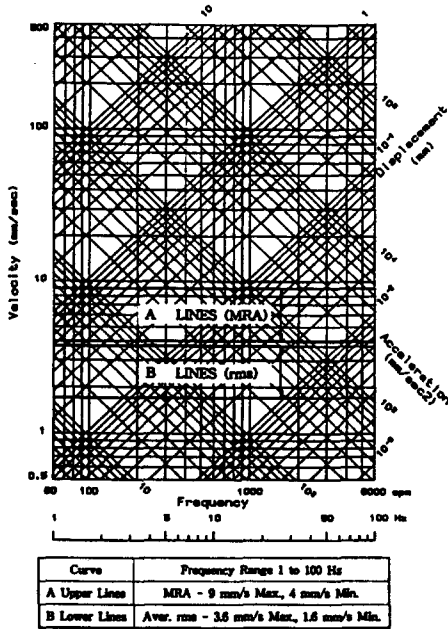


Fig. 2 SNAME proposal for ISO amplitude evaluation guidelines

2) 노르웨이선급 DnV 제안 ([25], Table 1)

Table 1과 같이 화물선과 여객선의 거주구를 3단계 안락도수 (comfort rating number)로 구분하고 각방별, 안락도수 별로 단일성분의 peak 진동 허용값을 제시하였는데 화물선 거주구의 경우 최대 5 mm/s, 최소 2.5 mm/s 이다.

3) 일본 JMSA (Japan Marine Standards Association) 제안 ([26], Fig. 3)

9척의 실선 계측 결과로부터  $C_F = 1.2$ 를 추출하여 현 ISO 6954의 9 mm/s peak 및 4 mm/s peak에 해당하는 RMS값을 5.4 mm/s와 2.4 mm/s로 할것을 제시함

상기 3개안을 비교해볼때 미국 제안은  $C_F = 1.8$ 을 권장하는 현 ISO 6954 수준에서 내용을 분명히

Table 1 DnV comfort class rule proposal

Merchant ships			
The table also applies to officer and crew accommodation in cruise ships.			
Vibration level in mm/s peak for single frequency components above 5 Hz			
Locations	comfort rating number (crn)		
	1	2	3
Cabins	2.5	4.0	5.0
Mess/recreation rooms	2.5	4.0	5.0
Offices	2.5	4.0	5.0
Navigation Bridge	2.5	4.0	5.0
Control rooms	3.5	5.0	6.0
Work places	3.5	5.0	6.0

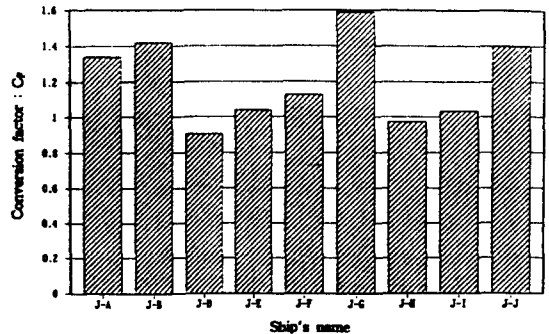


Fig.3 Cr(Conversion factor) obtained from nine ship vibration data(by Japan)

한 것이라고 볼 수 있으며 일본 제안은  $C_F = 1.2$ 가 적합하다는 주장이다. 반면에 노르웨이안은 ISO에 제시되지는 않았으나 선급입장에서 현 ISO 6954 기준의  $C_F = 1.8$ 을 감안한 단일 주파수 성분의 평균 peak (시간평균 RMS  $\times \sqrt{2}$ 값을 FFT 분석기에서 수차례 평균한 peak값)의 허용값이다. 추후 현 ISO 6954의 개정 방향은 대체적으로  $C_F$ 값을 1.2 ~ 1.8로 하여 복수 주파수 성분을 포함하는 RMS 평가 진동량을 정의할 것으로 예상된다. 따라서  $C_F$ 값을 특별히 고려하지 않았던 건조자의 입장에서 본다면 허용기준은 현재의 2/3내지는 1/2수준으로 낮아질 것이라고 예상할 수 있다.

4. 결론

이상과 같이 선박진동 허용기준들을 정리하고 그

중 개정작업중인 ISO 6954에 대한 새로운 제안을 검토하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) ISO 6954는 선박진동의 종합평가 기준으로서 가장 많이 사용되고 있으나 세 방향 진동의 단일 주파수 성분을 개별 평가하는 것이 실제 선상에서 느끼는 감각과 맞지 않을 뿐더러 평가 진동량인 MRV를 구하는 방법이 애매하고 불합리하다는 문제점이 있다.
- 2) ISO/TC108/SC2/WG2 가 1984년 부터 논의하고있는 ISO 6954의 주요 개정 내용은 복수 주파수 진동평가 및 RMS 평가 진동량의 도입이다. 개정될 허용기준은 현재  $C_F$ 값 적용을 고려하지 않는 평가 ( $C_F=1.0$ )시 사용하는 허용한계의 2/3 수준이하로 강화될 것으로 예상된다.
- 3) 허용기준의 개정에 대비하여 국내조선계는 대외적으로는 일본의 예(일본선박 표준위원회 JSMA)와 같이 민관 합동으로 각종 ISO 위원회에 적극참여하여 개정안에 건조자의 입장을 최대한 반영해야 하고, 대내적으로는 강화될 허용기준을 만족하도록 선박의 방진설계 능력을 향상시켜야 할 것이다.

#### 참 고 문 헌

- [1] 한국선급, 선박 진동 소음 제어 지침 제 11장, 1991.
- [2] ISO 2631, "Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration-Part 1 : General Requirements", 1985.
- [3] ISO 6954-1984(E), "Mechanical Vibration and Shock-Guidelines for the Overall Evaluation of Vibration in Merchant Ships", 1984.
- [4] Bureau Veritas, "Recommendations Designed to Limit the Effect of Vibrations Onboard Ships", Guide Note, NI 138, A-RD3, 1979.
- [5] Lloyd's Register, "Guidance Notes on Acceptable Vibration Levels and Their Measurement", 1990.
- [6] DnV, "Rules for Classification of Steel Ships - Machinery and Systems Main Class, Part 4, Chap. 5 : Installation and Automation", 1990.
- [7] VERITEC, Vibration Control in Ships, Chap. 9, 1985.
- [8] MESJ Journal Vol. 9, No. 8, 1974.
- [9] ISO 2372-1974, "Mechanical Vibration of Machines with Operating Speeds from 10 to 200 Rev/s-Basis for Specifying Evaluation Standards", 1974.
- [10] ISO 3945-1985, "Mechanical Vibration of Large Rotating Machines with Speed Range from 10 to 200 r/s-Measurement and Evaluation of Vibration Severity in Situ", 1985.
- [11] VDI 2056, "Criteria for Assessing Mechanical Vibrations of Machines", Verein Deutscher Ingenieure, Oct. 1964.
- [12] ISO 8528-9, "Reciprocating Internal Combustion Engine Driven Alternating Current Generating Sets-Measurement and Evaluation of Mechanical Vibrations", 1994.
- [13] 한국선급, 강선규칙 제7장 제2절
- [14] NK, Guide to Rules and Regulations for the Construction and Classification of Ships, Chap. 8, 1980.
- [15] ABS, Rules for Building and Classing Steel Vessels, Sec. 34, 1985.
- [16] DnV, Rules for Classification of Steel Ships, Part 4, Chap. 2, Sec. 6, 1990.
- [17] LR, Rules and Regulations for the Classification of Ships, Part 5, Chap. 8, 1979.
- [18] Fujii, K., "船體振動의 許容限", 일본조선학회지, 제 692호, 1987.
- [19] 홍두표, "ISO/TC108/SC2/WG2 Milano 회의 (1990. 3. 28 - 29) 참석보고, 대한조선학회지, 제27권, 제2호, 1990.
- [20] ISO/TC108/SC2/WG2 N123, "Result of Voting on ISO/CD6954 : Mechanical Vibration-Evaluation of Multifrequency Vibration in the Living and Working Area on Ships and Floating Structures", 1991.
- [21] ISO/TC108/SC2/WG2 N130, "Minutes of the Meeting Held in Kobe, Japan,

- 1991.
- [22] ISO/TC108/SC2/WG2 N138 "Resolutions of the Meeting Held in London", 1993.
- [23] ISO/TC108/SC2/WG2 N125 "Guide for the Analysis and Evaluation of Ship-board Hull Vibration Data, Appendix A : Mechanical Vibration and Shock Guidelines for the Overall Evaluation of Vibration in Merchant Ships (Preliminary Draft of Revised ISO-6954)", S-NAME, 1993.
- [24] ISO/TC108/SC2/WG2 N145, Letter to WG2 Member, 1994.
- [25] DnV, Comfort Class Rule Proposal DSO-46-93 Rev. No. .
- [26] Fujii, K., "Frequency-Weighted Overall r.m.s. Vibration for Revision of ISO 6954(Proposed by JSMA)", 1993.

다음은 국외의 저명 학술지 목차입니다. 연구활동에 참고하시기 바랍니다.

## INTERNATIONAL JOURNAL OF OFFSHORE AND POLAR ENGINEERING Vol. 4 No. 3 SEPTEMBER 1994

### CONTENTS

<b>Diffraction of Surface Waves by Axisymmetric Obstacles in Water of Finite Depth</b> .....	169
<i>Vitaly V. Yakovlev and Alexander V. Pyatetsky</i>	
<b>Simulation of Nonlinear Waves and Forces Due to Transient and Steady Motion of Submerged Sphere</b> .....	174
<i>C.C. Lee, Y.H. Liu and C.H. Kim</i>	
<b>Prediction of Wave Effects on the MOLIKPAQ Platform</b> .....	183
<i>Michael Isaacson and Ken Gaida</i>	
<b>Numerical Study on a Two-Dimensional Circular Cylinder with a Rigid and an Elastic Splitter Plate in Uniform Flow</b> .....	193
<i>Changhong Hu and Wataru Koterayama</i>	
<b>Wave Group Evolution, Wave Deformation, and Breaking: Simulations Using LONGTANK, a Numerical Wave Tank</b> .....	200
<i>pei Wang, Yitao Yao and Marshall P. Tulin</i>	
<b>Effects of Wave Directionality on the In-Line Loading of a Vertical Cylinder</b> .....	206
<i>John R. Chaplin, Kesavan Subbiah and Mehemoth B. Irani</i>	
<b>Random Wave Force on Horizontal Members</b> .....	212
<i>Laurence Z.H. Chuang and C.C. Tung</i>	
<b>On the Dynamics of Taut Oceanographic Surface Moorings</b> .....	219
<i>M. A. Grosenbaugh</i>	
<b>Caisson Foundations for Jacket Structures</b> .....	223
<i>B. Rognlien, K. Eriksen, P. Sparrevik and M. Baerheim</i>	
<b>An Engineering Approach to Characterize the Lock-In Phenomenon Generated by a Current on a Flexible Column</b> .....	231
<i>Laurent Foulhoux and Vincent Saubestre</i>	
<b>Fractography of Crack Growth in Stress-Corrosion Cracking and Corrosion Fatigue of a Number of Offshore Steels</b> .....	234
<i>I. S. Cole and R. Brook</i>	
<b>A model for Fatigue Life Prediction of Offshore Welded stiffened Steel Tubular Joints Using FM Approach</b> .....	241
<i>D. S. Ramachandra Murthy, P. Gandhi and A. G. Madhava Rao</i>	
<b>Diagnosis of the Subsequent Failure Mechanisms of Composite Laminates</b> .....	248
<i>S. C. Max Yen, T. C. Chu, K. T. Teh, M. A. Wright and P. Stumpff</i>	