

# AI 재질 선박 국부구조물의 진동기준에 관한 해석적 고찰

## Analytical investigation on the vibration criteria for local structures of aluminum vessels

허영철† · 정병창\* · 정태영\* · 문석준\*

Young-Cheol Huh, Byung-Chang Jung, Tae-Young Chung and Seok-Jun Moon

값의 적절성 여부를 한번 논의해 보기 위함이다.

### 1. 서 론

함정 건조 시 적용되는 선체의 진동기준은 승조원의 거주구역에 적용하는 환경진동 기준과 국부구조물에 적용하는 진동기준으로 크게 구분할 수 있다. 환경진동 기준의 경우 국제표준(ISO), 선급 기준 그리고 미국방 표준(MIL-STD) 등에서 진동응답을 평가하는 방법, 구역 별로 적용될 허용응답 등이 상호 유사한 수준에서 비교적 상세히 기술되어 있다. 그러나 국부구조물에 적용하는 진동기준의 경우 각 기준서마다 제안하고 있는 허용응답에서 편차가 있고, 측정된 응답의 크기를 평가하는 방법 또한 서로 상이하다. 아울러 재질의 종류에 따른 특성은 물론 구조물의 형상에 따라 달라질 수 있는 특성을 고려하지 않는다.

본 논문에서는 먼저 국부구조물에 대한 다양한 진동기준들을 정리하였다. 구조물 형상에 따른 특성 변화를 고려하기 위해 마스트와 갑판구조를 대표적인 구조물로 선정하였고 재질은 알루미늄을 고려하였다. 조화 기진력에 의한 대상 구조물의 응력해석을 수행한 후 각 기준서에서 제시된 허용응답과 응답의 평가방법을 참고하여 피로강도를 평가하였다. 이 때 피로강도의 평가는 알루미늄의 시편시험 결과에 근거한 S-N 곡선을 사용하였다. 본 논문에서 피로강도를 평가하고 그 결과를 검토하려는 목적은 해석적인 방법을 통해서 각 기준서의 진동응답 허용기준의 설정 근거가 무엇인지를 유추해 보고 그 기준

### 2. 선체 국부구조의 진동기준 및 피로해석

#### 2.1 국부구조의 진동기준 비교

선체의 국부구조 진동에 관한 기준은 대표적으로 BV 선급이 제안한 기준, Lloyd 선급의 기준 등이 있다. 해당 기준들은 선박의 생애주기 동안 국부 구조물에 피로손상이 발생하지 않는 응답수준을 주파수 영역별로 구분하여 제안한 기준으로 판단되지만 마스트와 같이 키가 큰 구조물과 갑판구조와 같은 평판 구조물을 서로 구분하지는 않는다. 또한 재질에 따른 구분도 없으며, 제안하고 있는 응답수준을 결정할 절차와 그 근거에 관해서도 명확한 설명을 찾기가 쉽지 않다.

한편, 상선의 경우 마스트에 탑재되는 장비를 보호하기 위한 목적으로 장비가 설치된 위치에서 마스트의 진동수준을 규제하고 있는데 대표적으로 미국의 ABS, 노르웨이의 DNV, 프랑스의 BV 선급에서 제안하는 지침들이 있다. 함정의 경우 마스트에 탑재되는 장비의 내구성을 확인하기 위한 별도의 진동 시험 기준이 있다.

#### 2.2 국부구조의 피로강도 평가 절차

대표적인 국부구조물로서 마스트와 갑판구조를 선정하였다. 구조물의 피로강도를 평가하기 위해 먼저 대상 구조물의 공진 주파수에서 조화 기진력에 의한 강제진동 응답해석을 수행하였다. 조화 기진력은 대상 구조물의 경계 절점을 통해 절점 가속도가 전달되는 것으로 가정하였고 그 크기는  $1.0\text{m/s}^2$ 을 적용하였다. 해석 결과로써 대상 구조물의 최대 응답과 최대 등가응력을 검토하였는데 최대 응답 계산 결과와 각 선급에서 제안하는 허용응답과의 비율을

† 교신저자; 정회원, 한국기계연구원  
E-mail : ychuh@kimm.re.kr  
Tel : (042) 868-7468, Fax : (042) 868-7418  
\* 정회원, 한국기계연구원

계산한 후 그 비율만큼 최대 등가응력을 보정하였다. 보정된 응력은 대상 구조물의 최대 응답이 각 선급에서 제안하는 허용응답 수준에 도달할 경우 예상할 수 있는 응력이다. 응력의 반복 회수인  $N$ 값은 해당 주파수로 20년 동안 작용한다는 가정 하에 매우 보수적으로 산정하였다. 보정된 응력  $S$ (MPa) 값과 반복 회수  $N$ (cycles)값을 AL-5083 재질의 S-N 곡선에 적용하여 피로강도를 평가하였다.

### 3. AI 재질의 국부구조물 피로강도 평가

#### 3.1 Al-5083 재질의 S-N 곡선

Al-5083 재질의 S-N 곡선은 시편에 의한 피로시험 결과의 곡선 적합으로 구할 수 있다. 피로시험 결과는 일본의 재료과학회에서 제공한 자료를 참고하였다. 곡선 적합으로 구한 Al-5083 재질의 S-N 곡선은 Fig.1과 같다.

#### 3.2 Radar Mast의 피로강도 평가

높이 4미터 정도의 마스트 구조물에 대해 고유진동 해석을 수행한 결과 전후방향 모드는 10.1Hz, 좌우방향 모드는 10.8Hz로 계산되었다. 각 모드 별 공진 주파수에서 단위 크기의 절점 가속도가 하부의 경계 절점으로 전달될 경우 발생하는 최대 등가응력은 각각 17.8MPa, 6.53MPa으로 계산되었다. 마스트의 진동응답이 BV에서 제안하는 허용응답인 변위 1mm 수준에 도달할 경우 예상되는 등가응력은 각각 4.1MPa, 4.5MPa이다. 응력의 반복 회수  $N$ 을 산정한 후 Fig.1의 S-N 곡선에 적용한 결과 대상 구조물에 피로손상이 발생할 가능성은 매우 적을 것으로 판단된다.

#### 3.3 갑판구조의 피로강도 평가

길이 3.6m, 폭 4.7m 그리고 두께가 8mm인 보강판에서 네변이 단순 경계조건일 경우 고유진동 해석을 수행하였다. 1차 고유진동수는 28.5Hz로 계산되었다. 공진 주파수에서 단위 크기의 절점 가속도가 네변의 경계 절점으로 전달될 경우 발생하는 최대 등가응력은 2.35MPa로 계산된다. 보강판 중앙의 최대 진동응답이 BV에서 제안하는 허용응답인 속도 100mm/s 수준에 도달할 경우 예상되는 등가응력은 0.95MPa이다. 응력의 반복 회수  $N$ 을 산정한 후 Fig.1의 S-N 곡선에 적용한 결과 대상 보강판에 피

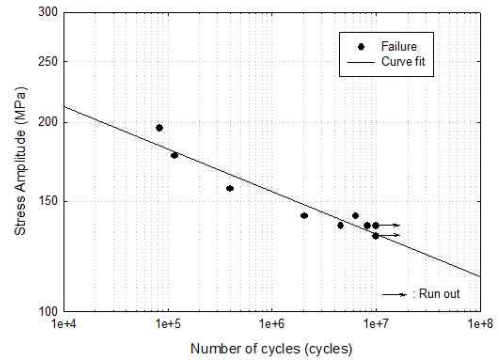


Fig.1 S-N Curve of Al-5083 material

로손상이 발생할 가능성은 매우 적을 것으로 판단된다.

### 4. 결론

알루미늄 재질의 선체 국부구조물에 대하여 조화 기진력에 의한 피로강도를 평가하였다. 대표적인 국부구조물로서 마스트와 갑판구조를 선정하였으며, 조화 기진력은 대상 구조물의 경계 절점을 통해 절점 가속도가 전달되는 것으로 가정하였다. 대상 구조물의 최대 응답이 각 선급에서 제시하는 허용응답 수준에 도달할 경우 예상되는 최대 등가응력을 근거로 Al-5083 재질의 S-N 곡선을 이용한 피로강도를 평가한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 본 논문에서 검토한 알루미늄 재질의 대상 구조물의 진동응답이 가장 관대한 수준인 BV 기준에 도달한다고 가정해도 대상 구조물에 피로손상이 발생할 가능성은 매우 적을 것으로 판단되므로 피로강도 측면에서 국부구조물의 진동기준을 논의하는 것은 큰 의미가 없을 것으로 사료된다. 다만, 일부의 경우 장비의 안전 측면에서 장비가 설치된 구조물 위치의 진동 허용기준이 검토될 필요는 있다.

2) 향후 강재의 국부구조물에 대해서 융접효과를 고려한 S-N 곡선으로 피로강도를 평가한 후 선체 국부구조 진동기준의 적절성을 종합적으로 논의해 볼 필요가 있다.