

선박의 전선진동해석 결과를 이용한 접수탱크의 피로수명 평가

Fatigue Life Evaluation of The Fluid Tank Structure Based on The Global Ship Vibration Analysis Result

석호일† · 정민철* · 이도경* · 정태석* · 신소영**

H.I. Seok, M.C. Jeong, D.K. Lee, T.S. Jeong and S.Y. Shin

1. 서 론

선박의 구조물들은 항해하는 동안 프로펠러, 주기관, 보기류 및 파도 등에 의하여 동하중을 받는다. 이러한 동하중의 크기는 선박의 고속화, 대형화 및 경량화 추세에 따라 증가하고 있으나, 선박 구조물의 강도는 상대적으로 저하되고 있는 추세이다. 따라서 동하중을 고려한 피로해석은 선박 구조물의 안정성 평가를 위하여 초기 구조설계 단계에서 필수적이라 할 수 있다.

현재 선박의 피로해석은 구조물에 작용하는 정하중에 의한 구조의 응력 값으로만 피로수명을 추정하여 선급에서 요구하는 선박의 최소 피로수명 값을 만족하게 설계를 하고 있다. 또한 동하중에 대한 하중이력의 부재로 초기 구조설계단계에서 진동피로해석을 수행할 수 있는 방법이 아직까지 제시되지 못하고 있다.

본 논문에서는 초기 구조설계 단계에서 선박 구조물의 동적 피로해석을 위한 하중이력을 전선진동해석을 통하여 계산하는 방법을 소개하고자 한다.

2. 본 론

2.1 진동피로해석 절차

Fig. 1은 진동피로해석의 절차를 나타내고 있다. 일반적으로 동적 피로해석은 먼저 구조물의 고유동적 특성인 고유진동수(Natural Frequency)를 계산하고 고유진동수가 존재하는 영역과, 구조물에 작용하는 하중에 대한 시간 영역(Time Domain)에서

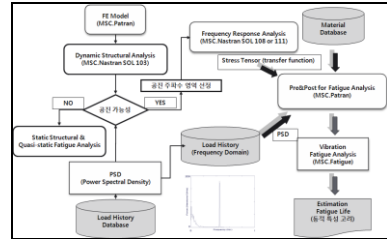


Fig. 1 The vibration fatigue process

하중 이력을 주파수 영역(Frequency Domain)으로 환산하여, 구조물의 고유진동수와 하중 이력의 주파수가 같은 부분에서의 공진에 의하여 대상 구조물의 취약부위 및 피로 수명에 발생하는 영향을 고려한 해석으로 한편으로는 공진 피로해석이라고도 한다.

진동피로해석에서 가장 중요한 요소는 관심 구조물에 작용하는 하중이력이다. 하중이력은 PSD(Power Spectral Density)의 형태로 입력이 되며, 이는 구조물에 작용하는 하중을 시간영역에서 FFT(Fast Fourier Transform)을 이용하여 주파수영역으로 변환한 값이다. 일반적으로 시간영역의 하중이력은 실선 계측을 통하여 취득된다.

2.2 선박의 진동피로

선박은 20년 이상 운항을 하면서 구조물들은 주기관, 프로펠러, 파도와 보기류 장비 등에 의하여 끊임 없이 외력을 받는다. 이 외력은 때때로 선체 구조물을 파손시키거나 승무원(Crew)들에게 불쾌감을 준다.

선박에서는 다양한 기진원들이 존재를 하나 선박 구조물의 진동피로에 의한 파손에 영향을 주는 주요인은 주기관 및 프로펠러 변동압력이다. 선박에서 진동피로는 주로 기관실(Engine room) 및 조타실(Steering gear room)에 있는 구조물에서 발생하며, 기관실에 주기진원은 주기관이며 조정실은 프로펠러 변동압력이다.

† 교신저자; 정희원, 교신저자 소속

E-mail : shi626@onestx.com

Tel : 055-548-1676, Fax : 055-548-3198

* STX 조선해양 주식회사

** 라온엑스 솔루션즈(주)

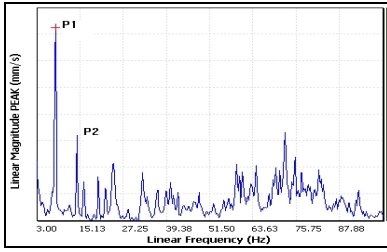


Fig. 2 Vibration measurement result at F.W Tk

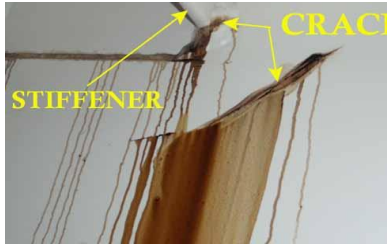


Fig. 3 Crack of M.D.O. service tank

주요 파손 부위는 주기관용 탑 브레이싱(Top bracing)이 부착되는 부위와 각종 유/수 탱크들이다. Fig. 2는 청수탱크(Fresh water tank)에서 시운전 중 진동계측한 결과이다. 다양한 성분들이 나타나지만 주 성분은 프로펠러 1st 와 2nd 성분임을 알 수가 있다. Fig. 3는 선박에서 진동피로에 의한 M.D.O. service 탱크의 파손 그림이다. 주기관 기진력에 의하여 탱크의 월(Wall)과 부재(Stiffener)가 부착되는 위치에서 균열(Crack)이 발생하였다.

2.3 하중이력 계산

진동피로해석에서 가장 중요한 요소는 구조물에 작용하는 하중이력을 계산하는 것이다. 일반적으로 하중이력은 계측을 통하여 얻을 수가 있으나 선박의 경우는 실선에서 하중이력을 계측하기가 쉽지는 않다. 본 논문에서는 이 하중이력을 전선진동해석을 통하여 얻고자 한다. 조선소에서는 신선종에 대하여 전선진동해석을 수행한다. 전선진동해석 시 입력하중은 선박의 주요 기진원인 주기관, 프로펠러의 변동압력이며, 관심 부위에서 진동응답을 계산한다. Fig. 4는 전선진동해석을 통하여 계산된 진동응답을 나타내고 있다. 먼저 전선진동해석을 통하여 진동피로가 예상되는 위치에서 주파수 영역에서의 진동응답을 계산하고, 이 계산 값을 역FFT(Inverse Fast Fourier Transform)을 통하여 시간영역에서의 진동응답을 계산할 수가 있다. 이 시간 영역에서 진동값을 진동피로해석에 필요한 PSD (Power Spectral Density)를 계산하면 진동피로에 필요한

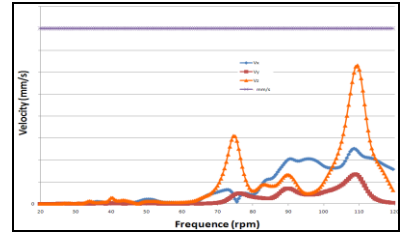


Fig. 4 Vibration response graph

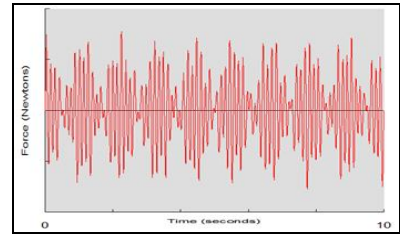


Fig. 5 Vibration response at time domain

하중이력을 구할 수 있다. 이러한 절차로, 파나마스 (Panamax)급 Bulk Carrier에 대하여 전선진동해석을 통하여 하중이력을 계산하고 이를 이용하여 청수탱크에 대한 진동피로해석을 수행하였다. Fig. 5은 시간영역에서의 진동응답이며, MSC. Fatigue를 이용하여 진동피로해석을 수행하였으며, 해석결과는 무한수명의 결과를 얻을 수가 있었다.

3. 결 론

선박의 구조물은 주기관 및 프로펠러 변동압력에 의한 동하중을 받으며, 이 동하중은 구조물에 진동피로를 야기시켜 크랙을 발생시켜 선박 구조물에 심각한 문제를 야기시킨다. 이 동하중에 대한 하중이력을 알 수 없기 때문에 구조설계 단계에서 진동피로를 고려할 수가 없다. 본 논문은 전선진동해석으로 진동피로해석을 위한 동하중의 하중이력 계산을 제안하였으며, 이를 이용하여 파나마스급 Bulk Carrier에 적용하였으며, 무한수명의 결과를 얻었다.

참고문헌

1. 임구섭, “진동피로 관점의 실선 계측 Data의 평가 기법 개발에 관한 연구” 대한조선학회 추계논문집, 2010
2. 강기원, “동적응답의 변화를 고려한 점용접부의 진동피로해석” 대한기계학회논문집 A권, 제34권, 2010
3. MSC. Fatigue 2005 r2 User's Guide