

선박진동기술의 현황

정 태 영*

(한국기계연구원 구조시스템연구부)

1. 머리말

이번 선박진동 특집에는 국내의 여러 조선소가 선종별 진동문제와 방진대책을 주제로 원고를 작성하였다. 현대중공업에서는 대형 컨테이너선, 대우조선에서는 초대형 유조선 및 일반화물선, 삼성중공업에서는 대형 여객선, 한진중공업에서는 LNG선을 대상으로 하여 선박의 설계 및 건조과정에서의 방진설계내용, 즉, 설계시의 진동해석, 시운전시의 진동계측 및 여러 가지 방진대책 등을 상세히 언급하고 있다. 이 글들을 소개하기에 앞서 선박진동기술에 대하여 조금은 생소할 수 있는 일반회원들의 이해를 돕고자 먼저 선박진동기술의 개요 및 국내 현황에 대하여 짧게 요약하여 소개하기로 한다.

2. 선박진동기술의 개요

2.1 선박진동의 특징

선박은 단면이 상자형이며, 폭이나 깊이의 약 10배 이하의 길이를 갖는 강구조물로서

* 본 학회 총무이사

E-mail : tychung@kimm.re.kr

부재의 대부분이 보강관과 보로 복잡하게 구성된다. 이러한 선박은 구조계 및 선내 기계장치 등이 매우 복잡하게 구성되어 있고, 기진원도 주기관, 보조기관, 프로펠러, 파도, 주변유체 등 다양하기 때문에 진동이 없는 선박을 건조한다는 것은 거의 불가능하다. 선박진동이 다른 구조물의 진동과 크게 다른 특징은 선박이 진동을 함에 있어서 선박 주변의 유체가 선박진동현상에 매우 큰 영향을 준다는 데에 있다.

2.2 선박진동의 분류

선박진동의 분류는 선박진동은 진동이 어디에 어떻게 발생하느냐에 따라서 편의적으로 추진체 진동, 상부구조 진동, 선체 국부 진동, 축계진동, 기관보체진동 등으로 나눌 수 있다.⁽¹⁾ 그러나 선박진동은 이들 몇가지가 동시에 연성되어 일어나는 것이 보편적이다.

2.3 주요기진원

선박은 추진장치로서 주기관과 프로펠러로 구성된 동력전달장치를 갖고 있는데, 이것이 선박진동의 주요 내부 기진원이 된다. 주기관 중에서 특히 문제가 되는 것은 디젤

기관인데, 이 기진력은 운동부품의 불평형 관성력 및 관성모멘트에 의해 발생하거나 실린더내의 주기적 연소압력에 의해 발생되는데, 앞의 것은 대체로 저진동수의 선체저차의 진동을 유발하며 뒤의 것은 선체 고차진동, 상부구조 진동, 기관본체의 횡진동 등을 유발한다. 불평형 관성력 및 관성모멘트는 밸런서너 컴펜세이터라고 불리는 상쇄장치를 장착하여 어렵지 않게 제거할 수 있다. 프로펠러 기진력은 프로펠러 자체의 불평형으로 인한 힘과 프로펠러가 선체후방에서 회전하기 때문에 발생하는 유체역학적인 힘으로 구분된다. 이 중에서 프로펠러 불평형에 의한 힘은 제작시에 주의하면 크게 문제가 되지않으나, 유체역학적인 힘은 줄이기가 쉽지 않다. 또한, 유체역학적인 힘은 어떻게 전달되는가에 따라 선체표면을 통하여 전달되는 표면전달력과 프로펠러축 및 베어링을 통하여 전달되는 축전달력으로 구분된다. 이러한 유체역학적인 힘은 프로펠러 날개에 스퀴를 줌으로서 많이 감소시킬 수 있음이 확인되었다.

2.4 해석방법

선체 저차진동의 해석은 Timoshenko 이론에 의거하여 만족할 만한 결과를 얻을 수 있다. 그러나 선체 고차진동을 포함하여 기타의 진동해석은 범용 유한요소해석 프로그램을 이용하여 이루어지는 것이 현재의 추세이다. 또한, 최근의 범용 유한요소해석 프로그램에는 선박주위의 유체영향을 경계요소법으로 계산하여, 부가수질량 매트릭스의 형태로서 제공하는 기능을 갖고 있어 대부분의 선박진동해석시에 이를 이용하고 있

다. 유한요소법에 의한 해석에 있어 감쇠는 다른 일반 구조물의 진동해석에서의 마찬가지로 관성행렬과 강성행렬의 선형조합, 즉 비례감쇠로 취급하는 방법이 사용될 수 있다. 그러나 실제계산에 있어서는 비례감쇠에 있어서의 비례계수에 대한 실험자료들이 이산성이 크기 때문에 활용하기 어려운 실정으로 기진력 산정의 부정확성과 함께 선박 진동응답의 정확도를 떨어뜨리게 하는 큰 요인중의 하나이다.

2.5 방진설계

선박진동을 방지하기위한 방진설계는 공진회피설계와 진동응답 허용치 설계로 구분할 수 있다. 공진회피설계를 위해서는 계의 고유진동수 및 기진력의 주파수 성분이 정확히 파악되어야 하고, 진동응답 허용치 설계를 위해서는 응답계산이 정확도 높게 이루어져야 한다. 그러나 선체 저차모드의 고유진동수를 제외하고는 고유진동수를 정확하게 파악하기 어렵고, 기진력 및 감쇠의 크기의 산정에도 큰 오차가 따르므로 방진설계를 완벽하게 수행하기 어렵다. 따라서 필요에 따라 건조후 계측결과와 평가에 기초한 사후대책적 방법이 선택되기도 한다. 사후대책적 방법으로는 흔히 연약구조부분의 보강, 제진장치의 장착, 기진력의 전달경로 차단장치의 설치 등을 들 수 있다.

2.6 제진장치

선박의 주 거주구역인 상부구조는 진동허용기준이 다른 곳에 비하여 좀 더 엄격하다. 이러한 상부구조는 육상의 고층건축물과 구조특성이 유사하므로 고층건축물을 대상으

특 집 선박진동

로 하는 각종의 능동형/반능동형/수동형 제진장치가 같이 적용될 수 있다. 또한, 주기 관 본체에서 발생하는 진동이 선체나 상부 구조에 크게 전달되는 것을 막기위하여 주기관의 본체 상부와 선체구조를 연결하여 bracing으로 연결하는 방법도 실용화 되어 있다.

2.7 허용기준

상선에 대한 진동기준인 ISO 6954는 1984년에 개시되어 국제적으로 통용되고 있는 최초의 기준으로서, 길이 100 m 이상의 상선에 적용되고 있다. 그동안 이 기준은 평가물리량으로 maximum repetitive velocity를 취하고 단일 진동수 성분만을 고려하였으나, 평가물리량인 maximum repetitive velocity의 정의가 애매하고 선박진동의 진동신호에는 실제로 존재하는 여러 개의 진동수 성분을 고려할 수 없다는 점이 지적되어 개정이 검토되었다. 또한 커다란 다른 문제점의 하나인 인체의 전신진동에 대한 진동기준 ISO 2631과의 정합성을 고려하여 ISO 6954-2000가 2002년에 개정, 발행되었다. 새로운 기준에서는 평가물리량으로 1 Hz 부터 80 Hz사이의 frequency-weighted rms 값을 택하고 있으며, 거주구역을 허용 기준의 엄격함에 따라 class A, B, C의 셋으로 나누고, 객실은 class A, 선원실은 class B, 작업실은 class C의 등급을 적용하는 것을 권고하고 있다.⁽²⁾

3. 국내 기술현황

3.1 국내기술 요약

국내에서의 선박진동에 관한 연구는 1970

년대 후반기에 국내 조선공업이 활성화되기 시작하고, 정부출연기관인 한국기계연구원(당시 선박연구소)에 관련부서가 생기면서 본격화 되었다고 말할 수 있다. 이 때에 처음으로 유한요소법을 이용한 선체진동해석이 한국기계연구원에서 시도되었으며, 당시에 IBRD차관으로 선박진동 계측장비가 도입되므로써 본격적인 계측도 가능하게 되었다. 1980년대에 들어서면서 국내 대형조선소를 대상으로 선체진동해석과 계측에 대한 한국기계연구원의 기술지원이 활발하게 이루어지기 시작하였으며, 선박진동에 관한 선주들의 관심이 높아지기 시작한 1980년대 중반에는 매년 10척 이상의 해석과 실선계측이 한국기계연구원에서 수행되었다. 대우조선, 삼성중공업과 공동으로 부분구조 진동형 합성법을 이용한 선박진용 유한요소해석 프로그램이 개발이 이루어진 것도 이 때이다. 1980년대 후반부터는 현대중공업을 시작으로 국내 대형조선소들이 자체 연구인력과 해석 및 계측시스템을 갖추고, 설계 및 건조시의 진동예측과 진동제어대책을 자체적으로 수립하고 있다. 각 조선소 관련부서의 설립연혁과 1990년대 중반까지의 활동내용은 참고문헌 (3)에 제법 상세히 요약되어 있다.

3.2 국내 기술현황

선박진동에 관한 현재의 기술수준은 이제 다른 선진국에 비하여 대등하다고 할만큼 높은 편이다. 세계 제 1위의 조선 수출국으로서 매년 많은 배들을 건조하고 있는 만큼, 유한요소해석법을 이용한 선체 전체에 대한 진동해석 경험도 많고, 현장에서 건조 중에 일어나는 진동문제에 대해서도 적절한 대책

을 세울만한 기술력도 보지하고 있다고 판단된다. 특히, 그동안 건조한 실적선에 대한 자료가 풍부하여 앞으로 유사선박을 건조할 때의 방진설계에 크게 도움이 될 것이다.

그러나 현재 선박진동에 관해서 세계가 갖고 있는 공통의 기술 난제들,⁽⁴⁾ 예를 들면 진동응답 예측기술의 정확도 향상 등에 대하여 이제 우리도 앞장서서 풀어나가야 할 시점에 와 있다고 본다. 사실 지금까지의 관련기술 개발은 일본을 비롯한 선진국 기술의 모방과 응용이었다고 해도 과언이 아니다. 이러한 진동응답 예측기술의 정확도 향상 등 방진설계기술의 향상은 저진동, 저소음을 절대적으로 필요로 하는 호화여객선 등의 고부가가치선박의 수주 및 건조를 증대시킬 수 있을 것이며, 또한, 앞으로 나올 아주 새로운 타입의 선박이나 기존선보다 초대형화 된 선박의 출현에 대비할 수 있는

기초가 될 것이다. 또한, 이 것이 세계 제일의 조선 수출국의 위치를 공고히 유지할 수 있는 방편의 하나가 될 것으로 믿어 의심치 않는다.

참 고 문 헌

- (1) 김극천외, 1997, 선박진동소음 제어지침, 개정판, 한국선급.
- (2) ISO6954:2000(E), 2000, Mechanical Vibration-Guidelines for the measurement, reporting and evaluation of vibration with regard to habitability on passenger and merchant ships.
- (3) 정태영외, 1994, "선박진동특집-선박진동 제어기술에 관한 국내 관련기관 현황", 대한조선학회지 제31권 제3호.
- (4) 松本瓦平, 2001, 船体振動設計に關する 研究動向, 日本造船學會誌, 第864号.