

선박진동 기술개발의 현황과 미래전망

Current Status and Perspective of Ship Vibration Technology

이수목† · 박진화* · 배종국**

Soo-Mok Lee, Jin-Hwa Park and Jong-Gug Bae

1. 서론

한국소음진동공학회 창립 20주년을 맞이하여 조선 분야에서의 진동 기술의 변천과 현황 그리고 미래를 조망해 보았다. 지난 약 40년간 한국의 조선산업의 비약적 발전과 더불어 선박 진동 분야에서도 국내 각 기관 및 조선소의 노력에 힘입어 많은 기술의 발전이 있었다. 이에 본 발표에서 그 학문적 성과와 기술적 진보, 현장 응용 사례들을 함께 살펴 보았으며 향후 개발 방향에 대해서도 간략히 언급하였다. 내용의 전개에 있어서 시대별, 대상별 및 기술별로 기술하여 보다 명료한 설명을 제공하고자 하였다.

2. 시대별 변천사

2.1 1970년대

이 시기는 일본 등 외국의 선박진동 기술을 도입하는 기간이었으며 주로 선체 및 평판의 접수 진동에 대한 연구들이 수행되었다. 국내 대형 조선소에서 발생한 선체진동 공진문제의 해결 사례가 있었다.

2.2 1980년대

학계에서는 국부진동 및 보강판 진동에 대한 연구들이 수행되었고, KIMM을 선두로 실선에 대한 선박진동해석 및 계측, 시험 활동이 시작되었다. 유한요소 진동해석 등에 있어서 앞선 경험을 가진 외국 선급들의 기술 지원이 요긴하였으며, 국내 조선소 자체의 크고 작은 진동 트러블슈팅 사례들이 보고되었다. 진동의 평가 방법 및 기준에 대해 관심을 갖기 시작하였고 기진기 시험 등 본격적인 시험 계측 및 분석 시스템들을 갖추게 되었다.

2.3 1990년대

부분구조 합성법, 민감도 해석 등 진동해석 방법론에 대한 연구와 함께 해석의 정확도 향상에 대한

논의가 활성화 되었다. 또한 실선에서 선박 진동을 제어하는 방법에 대한 연구개발 결과물들이 다양하게 도출되었으며 선박 거주구 진동의 평가 기준인 ISO 6954-1984의 개정에 대한 협의와 노력이 활발히 진행되었다. 진동계측 자료가 축적됨에 따라 이를 효율적으로 관리하기 위한 데이터베이스 관리시스템이 구축되었다.

2.4 2000년대

각종 기계류의 마운트 및 지지구조의 진동, 레이더 마스트 및 의장품들의 진동, 탱크 및 배관계의 진동특성, 프로펠러의 진동 모드 등 구체적이고 실무적인 진동 조사 사례들이 다양하게 보고되었다. 해석 부분에서는 진동 파워흐름 해석기법이 개발 도입되었으며 진동 최적화 설계가 시도되었고, 전선진동 통합해석 기술이 완성되었다. 1990년대부터 시도되던 선미 변동압력에 대한 연구가 본격화되고 실선 계측을 통하여 조사되었다. 개정된 ISO 6954-2000 적용에 대한 방법들이 정착되었고 능동 및 수동식 진동제어 장치들이 실용화되었다.

3. 대상별 현황

3.1 선체 진동

선체 진동(hull girder vibration)의 현상 규명 및 문제 해결은 1980년대 초반 이전에 완료되었으며 선박이 대형화될수록 그 발생 빈도는 줄어들었다. 현재 필요한 경우에 있어서 감쇄장치(balancer)를 부착하고 있다. 한때 선체진동의 일부로 언급되던 파도에 의한 springing과 whipping 유탄성(hydro elasticity) 분야에서 연구 중이다.

3.2 주기관 및 추진축계 진동

H-mode, X-mode 로 통칭되던 주기관의 구조진동은 대형화, 다기통화가 됨에 따라 복잡한 양상을 띠게 되었다. 엔진 측면을 주변 선체구조와 수평으로 연결하던 top bracing도 기존의 마찰판 식에서 지능형 유압식으로 대체되었으며 특정 진동성분의 제거를 위하여 진동상쇄 장치의 사용이 일반화되어 가는 추세이다. 축계 진동에 있어서는 1980년대에 매우 심각한 선미부 진동을 야기하였던 프로펠러/축

† 교신저자; 현대중공업 선박해양연구소 연구위원
E-mail : smlee@hhi.co.kr

Tel : (052) 202-0701, Fax : (052) 202-5495

* 현대중공업 진동소음연구실 수석연구원

** 현대중공업 선박해양연구소 상무

계 연성 진동문제는 비틀림 진동의 위험속도 영역을 대폭 낮춤으로써 해결되었으나 이후 10기통 이상의 다기통 엔진에서 크랭크 축 내부의 비틀림/중 연성 모드로 발생하는 3~5차 성분의 중기진력은 여전히 해결되지 않는 기진력 성분으로 대두되었다.

3.3 선실 거주구 진동

과거 5~6층의 선루구조에서 IMO visibility규정의 강화, 컨테이너 운반선의 대형화 추세와 함께 8~9층으로 더욱 높아진 선실 구조는 고유진동수의 대폭적인 강화와 함께 주요 기진력 성분과의 공진 및 엔진 진동과의 연성 가능성이 높아져서 매우 면밀한 진동 설계의 고려가 필요하다. 프로펠러 2차 성분에 의한 브릿지 왕의 공진도 자주 발생하며 이를 해결하기 위하여 동 흡진기를 설치하거나 프로펠러 2차 성분을 제어하는 방법들이 이용된다. 최근 건조된 초대형 컨테이너선의 중앙부에 위치한 선실구조의 진동에 대한 관심이 모아지고 있다.

3.4 국부 진동

선미 각부의 데크(deck) 및 벽체(wall), 보기류, 마스트, lashing bridge, tank내 타워구조, 배관류, side thruster 등의 진동이 간혹 발생하고 있으나 적절한 방진 설계와 현장 대책에 의해 해결되고 있다.

4. 기술별 현황

4.1 진동 해석 기술

초기 연구자들의 노력이 집중되었던 물에 의한 부가질량 산정은 BEM panel 법 등에 의해 매우 과학적으로 해결되었으나 전 선체 FEM 진동해석의 정확도를 높이는 문제는 진동 에너지 흐름 해석 기술의 유용성 모색과 함께 여전히 남아있는 기술적 관건이다. 이에 더하여 효과적 설계반영을 위해 신속한 해석의 루틴을 구비하는 노력이 각 기관마다 완료되었거나 진행 중이다. 주로 고유진동수를 구하는 보강판 등 국부구조의 진동해석 기술은 완성단계이며 추진축계의 진동해석은 크랭크 축의 연성 현상에 의한 중기진력을 보다 정밀하게 규명하고 산정하는 과제를 남겨두고 있다. 프로펠러에 의한 유체 기진력의 산정의 어려움은 근년의 집중적 연구들의 결과로 조만간 극복될 것으로 전망된다.

4.2 진동 시험 및 계측 기술

진동 계측 기술은 관련 제품의 기술 발전에 힘입어 괄목할 만한 변화를 하였고 특히 속도와 중량 면에서 그러하다. 최근의 계측 시스템은 센서와 소형 앰프, 노트북으로 완전히 구성되며 시운전 하선 이전에 계측보고서가 완성된다. 여기에 무선 및 원격 계측, 비접촉 LASER 측정기술, 수중계측 등 특수 계측기술의 도입 및 응용이 진행 중이며 위상분석,

모드시험, ODS (Operating Deflection Shape), Wavelet, TPA (Transfer Path Analysis) 등 보다 다양하고 정교한 신호분석 기술들이 시도되고 있다.

4.3 진동 제어 기술

전통적인 축계 비틀림 진동 damper 나 엔진 기진력을 상쇄하는 moment compensator, 근년에 개발된 기계식 및 유압식 능동형 진동제어장치 (AVC), 동 흡진기(dynamic absorber)와 같은 수동형 진동 제어장치, 엔진의 진동을 제어하는 지능형 유압식 top bracing, 비교적 최근 적용되는 기법인 선체 표면의 유체 흐름을 변화시켜 프로펠러의 반류 및 기진력을 제어하는 와류 생성기 (vortex generator) 등이 대개 현재 검증된 선박 진동의 제어 기술들이다. 항공기, 자동차 등 타 제품에 흔히 쓰이는 smart material, ER/MR mount 등은 그 요긴한 응용처를 찾아 보아야 할 것이다.

5. 결론 및 향후 방향

불과 30~40년 만에 세계 1위의 조선 대국을 이룩한 한국 조선의 위상에 걸맞게 선박 진동 분야에서도 그간 쌓아온 토대 위에 기술 수준의 향상을 위한 집중적 노력이 요망된다. 앞에 언급한 외에 추가적으로 필요하다고 전망되는 진동기술 들을 들면 다음과 같다.

5.1 특수 선박 및 기계 시스템 방진설계

일반 상선뿐 아니라 LNG/LPG 운반선, 여객선, 군함, 드릴쉽, 쇄빙선, FPSO 등 특수 선박들은 내부에 복잡한 기계 시스템들을 갖고 있어 이들에 의한 진동 문제가 매우 복합적으로 발생하는 경우가 많다. 이와 같이 고부가가치 선박들의 개발 및 제품 신뢰도 향상을 위해서는 설치되는 기계 시스템 및 그 부품들을 잘 이해하고 방진 설계를 구현할 수 있는 능력의 확보가 필요하다.

5.2 선박진동 평가기준 재수립

현재 적용되고 있는 국제적인 진동평가의 기준들은 대부분 과거 해외기관에서 주도적으로 발의하여 제정한 것이다. 그러나 선박의 특수성과 관련하여 보다 더 합리적인 기준을 현실적인 토대에서 수립할 필요가 있으며 이에 관련한 기관들간의 적극적 협조와 체계적 노력이 요구된다.

참고문헌

- [1] 정태영 외, '선박진동특집', 대한조선학회지, 제 31 권 3 호, 1994. 9
- [2] 정태영 외, '선박진동특집', 한국소음진동공학회지, 제 12 권 1 호, 2002. 2