

2. 동력공학 특집기사

최근의 축계 진동해석의 동향에 관하여

Recent Tendency of Vibration Calculation of Propulsion Shafting



전 호 중

Hyo-jung Jeon

- 한국해양대학교 명예교수
- 본 학회 고문

1. 서 론

크랭크축을 포함하는 축계 진동문제가 거론되기 시작한지 한 세기가 경과하였다. 그 동안 대체로 지난 세기의 중간, 즉 1950년대까지 축계 진동 계산문제는 일단락되었다고 생각하였으며 1960년대 중반에 전자계산기가 축계 진동계산에 도입되면서 계산의 고역으로부터 해방되었다.

그 때까지 계산의 주종을 이루던 고유진동수와 고유모드 및 에너지법에 의한 진동 진폭 및 진동 응력 계산은 기계 기술자들이 행하여야 하는 계산 중에서 통풍다트의 저항계산과 더불어 가장 힘들고 귀찮은 계산문제로 간주되었다.

그러나 전자계산기의 도입은 새로운 계산 기법의 도입을 가능하게 하였고 1970년대 중반부터는 강제 감쇠 진동 방정식의 직접 계산법이 도입되었으며 이어서 각 차수의 합성 진동진폭과 응력의 계산이 보급되었다.

한편, 우리나라에서는 1970년대에 대형 박용엔진의 국산화와 더불어 자체 계산의 필요성이 인식되고 대체로 1980년대부터 점차 독자 계산이 가능하게 되었으며 최근에 이르러 특수한 경우를 제외하고 외국의 신세를 면하게 되었다.

그 동안 축계 진동 계산의 주도권은 일부 대

형 엔진 제작사와 몇몇 선급이 갖고 있었으며 그들은 새로운 계산 기법이 마련될 때마다 선급 규정을 거기에 맞추어 개정하고 수요자에게 계산의 수행을 강요하게 되었으며 따라서 계산 내용도 시대의 변천에 따라 점차 복잡하고 다양하게 되었다.

다행히 금번 엔진 제작사의 요구와 선급들의 동의로 필요한 계산의 종류와 내용을 재검토하는 합의가 이루어져 작년부터 CIMAC의 WG14가 구성되어 이들의 검토가 진행 중이다. 여기서 특기할 일은 총 구성 멤버 11인중 한국만이 유일하게 2명이 참여하고 있으며 유일한 학계 대표로서 목포 해양대학교의 이돈출 박사와 현대중공업(주)이 제작회사 대표로 참여하고 있다는 사실이다. 이는 우리나라가 이 분야에서 그 만큼 인정을 받고 있다는 증거이기도 하며 매우 경하할만한 일이다.

2. 비틀림 진동

아직도 축계진동 문제는 비틀림 진동 계산이 주종을 이루고 있으며 분지를 포함하는 계나 다기 1축선 등 복잡한 축계 시스템도 별 지장 없이 해석이 가능하게 되었고 특히 비선형 탄

성 커플링을 갖는 계의 비틀림 진동 계산도 1회의 계산으로 수행할 수 있게 되었다. 또한, 최근에는 계산이 더욱 섬세하게 되어 과도진동의 계산도 수행하고 있다.

현재 계산의 정밀성이나 내용의 다양성에 있어 댐퍼나 탄성 커플링 제작사가 보다 앞서 있는 느낌을 받고 있다.

현재 선급 규정에서는 CIMAC이 주도하고 IACS가 수용하여 UR규격으로 제시하고 있는 크랭크축의 진동 응력을 포함하는 계산 기법도 도입되고 있는데 전적으로 이 통일안을 수용하는 선급과 과거의 규정과 UR규정을 2원화 하여 수용하고 있는 선급이 있다.

더구나 UR규격에 의하면 크랭크축의 응력을 계산할 경우에 각 크랭크 스로우를 분리하여 독립해서 계산하는 단순 지지의 경우와 크랭크축 전체를 연속보로 보고 계산하는 경우로 2원화 되어 있어 선급에 따라서는 독자적 선급 규정에 의한 계산법과 이들을 포함하는 세 가지 계산법을 마련하고 있는 선급도 있어 혼란스러운 형편이다.

현재 일반적으로 인식되고 있는 고유진동수 2~5% 이내, 부가응력 추정 5~10% 이내의 계산 정밀도는 입력 자료만 성실하게 준비한다면 무난히 달성 가능한 것으로 보인다. 다만, 진동 진폭과 응력의 경우 해당 엔진의 하모닉스가 필요하며 이것이 없는 경우에는 유사 엔진의 하모닉스를 원용하게 되는데 필자의 경험에 의하면 이 경우에 출력과 과급도 및 회전수가 비슷한 엔진보다는 실린더 지름이 유사한 엔진의 하모닉스를 이용하는 것이 좋은 결과를 주는 것 같다.

또 다른 비틀림 진동 계산 문제는 4행정 엔진의 합성 비틀림 진동 응력 문제이다. 4행정 엔진의 경우 대부분이 감속 치차장치를 장착하게 되는데 그 결과로 프로펠러의 진폭과 감쇠작용이 매우 미약하게 되고 따라서 엔진 본체의 진동이 크게 된다.

그 결과로 빈번하게 최대연속출력 부근의 합성 진동 응력이 제한치를 초과하게 되는데 필자의 견해로서는 종래보다 엔진 감쇠를 좀더 크게 산정하고 댐퍼의 기능을 증대시킬 필요가

있다고 생각하며 보다 깊숙한 검토가 필요하다고 생각한다.

3. 중진동



1970년대부터 대두하기 시작한 크랭크축의 중진동 문제는 1980년대에 들어오면서 성능이 좋고 값 싼 중진동 댐퍼를 표준적으로 장착하기 시작한 후로 문제가 해소되었다. 따라서 최근에는 검토자체의 필요성이 소멸된 상태이고 급변의 축계 진동 재검토에서도 제외 대상으로 논의되고 있는 것 같다.

그러나 필자의 생각에 의하면 이것은 마치 환자가 보균 상태인데 면역 주사로 내균 체질로 바꾸었으니 걱정할 필요가 없다는 발상과 같으며 적어도 축계 진동 문제를 학문적으로 다루는 사람들은 이 문제를 계속 관심을 갖고 연구가 진행되어야 할 것으로 생각한다.

4. 중·비틀림 연성진동



현재 몇몇 엔진 제작회사에서 중·비틀림 연성 진동 계산 기법이 개발되어 수요에 응하고 있는 형편이며 일부 대형 컨테이너선을 건조하는 조선소가 그의 프로그램을 구입하여 이용하고 있는 것으로 알고 있다. 그러나 필자가 이러한 프로그램에 의한 계산서를 입수하여 검토한 결과에 의하면 그의 신뢰도나 계산 기법에는 아직도 문제가 있는 것 같다.

기본적으로 연성진동의 계산의 필요성은 연성으로 인하여 발생하는 중진동 문제인데 이것은 중진동 댐퍼 장착으로는 대처 효과가 없으며 오히려 비틀림 진동 댐퍼의 장착이 요구되는데 문제가 있다. 그러나 이러한 연성 중진동을 유발하는 비틀림 진동은 비틀림 진동 자체만으로는 댐퍼를 필요할 만큼의 강도를 갖고 있지 않은 경우가 많다.

또한 이러한 중·비틀림 연성 진동을 유발하는 엔진은 대형, 고속 컨테이너선에 탑재하는 고회력 대형 다 실린더 엔진에 집중하고 있으며 현재의 추세로 보면 이러한 엔진이 계속 제

작될 것으로 예상되므로 보다 더 섬세하고 단순하면서도 정밀도가 높은 계산 기법의 개발이 요청된다.

5. 횡진동

현재 축계 진동 계산에서 가장 낙후되어있는 분야가 횡진동이다. 일부 인식이 부족한 사람들은 축계 횡진동과 축계 배치문제를 별개로 다루고 있는데 이것은 매우 잘 못된 생각이다. 바로 축계 배치가 축계의 베어링 위치나 베어링 하중 조건을 결정하며 이러한 조건들은 바로 베어링지지 스프링이나 감쇠 등을 결정하기 때문에 축계 횡진동 문제는 축계 배치문제와 한 묶음으로 다루어 져야 한다.

최근 일부 조선소와 선급회사가 공동으로 축계 배치문제와 관련하여 선체 변형을 검토하고 있으며 일부 선급에서는 축계 배치 계산에 선체와 크랭크축 변형 및 추력 베어링에 걸리는 추력까지도 고려하도록 요구하고 있어 어떠한 형식으로든지 이 문제는 결론을 내려야할 시점에 와있다고 생각한다.

다만, 현재의 시점에서는 선체의 형태로부터 직접 선체 변형을 추정할 자료가 많지 않기 때

문에 상당 기간동안 이 문제는 시행착오를 되풀이할 수밖에 없을 것이다.

6. 끝내면서

현재 우리나라에서도 축계 진동에 관심을 갖고 있는 기계 기술자가 상당수 있다. 박용 엔진은 기술적으로 보면 이미 구시대의 기술분야이고 따라서 선진국가에서는 젊은 세대가 이 분야에 대한 관심도 낮고 낮은 수준의 기술자들만이 진출하고 있는 형편이다. 오히려 우리나라를 비롯한 중국 같은 나라에서 상대적으로 우수한 기술자들이 관심을 갖고 있는 경향이 있다.

따라서 우리가 좀더 정의와 노력을 기울이고 연구에 관심을 갖는다면 세계적으로 주도권을 잡을 수 있는 분야라고 생각한다.

또한, 현재 박용 엔진에 관심을 갖고 있는 사람들 중에는 엔진을 비롯한 박용 보기 및 기관실의 소음 문제를 너무나 소홀히 하고 있어 앞으로 이 분야에서 큰 공백이 우려된다. 좀더 많은 우수한 사람들이 박용 엔진의 진동문제에 관심을 갖는 동시에 소음 문제에도 유의하여 주기를 희망한다.