

함정 축계 비틀림 고유진동 해석 Torsional Natural Mode Analysis of Shaft-line of Naval Vessel

이경현 † · 한형석 * · 박성호 *

KyoungHyun Lee, HyungSuk Han and Sungho Park

1. 서 론

함정축계의 비틀림 진동은 축계의 피로파괴의 원인이 되기도 하며 베어링 및 선체구조를 통해 수중 방사소음으로 전달되기도 한다. 축계안정도 및 함정의 스텔스 성능을 위해서 함정축계의 비틀림 진동은 감소시켜야 한다.

함정의 운용 및 함정축계의 설계를 위해 추진축의 고유진동수 해석은 매우 중요하다. 고유진동수 해석치의 정확도가 중요하며 가진원의 주파수와 회피되도록 축계 설계 및 PCL 레벨 설정해야 한다.

본 논문에서는 함정 추진축계를 spring-mass 시스템으로 모델링하고 Flexible coupling의 비선형성 및 프로펠러의 감쇠를 고려하여 고유진동수를 해석하였으며 통상적인 해석방법인 질량 및 선형탄성계수를 통해 해석된 함정축계의 고유진동수와 비교하였다.

2. 추진축계의 모델링

2.1 추진축계의 다자유도 진동 모델

축계 비틀림진동의 수학적모델링에 사용된 함정의 추진축계시스템은 Fig 1 과 같다. 추진축계 시스템은 다절점 진동모델로 모델링되었으며 각 질량절점에서는 자유도를 회전방향으로만 갖는다고 가정하였다. 추진축계에서 회전질량을 갖는 부분은 엔진의 실린더, 플렉시블 커플링, 임펠러+ 해수 등을 질량절점으로 모델링하였다. 추진축계 시스템은 질량절점이 비틀림강성을 갖는 요소로 연결되며 비틀림

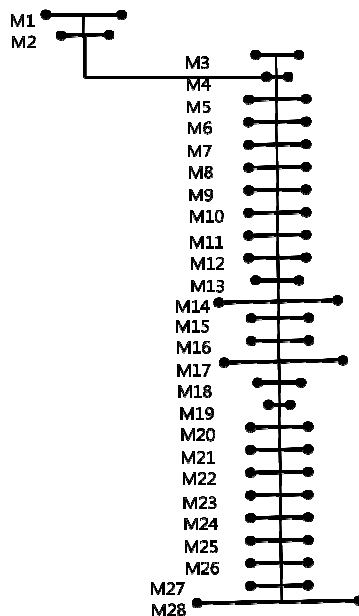


Fig 1 . Modeling of a Propulsion system

토크는 연결요소의 탄성력에 의해 전달되게 모델링되었다. 그리고 질점에서 비틀림운동에 의한 감쇠효과는 임펠러와 물에 의해서 발생한다고 가정하였으며 각 탄성연결요소에서는 점성감쇠를 가정하였다.

2.2 추진축계 진동방정식 유도

추진축계의 진동방정식은 식(1)의 Lagrange's equations을 통해 유도된다.

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_i} + \frac{\partial U}{\partial q_i} = Q_i \quad (1)$$

여기서 T 는 시스템의 운동에너지이며 Q 는 시스템의 위치에너지이다. 시스템의 운동에너지는 다음과 같이 유도된다.

† 교신저자; 정회원, 국방기술품질원

E-mail : leekh@dtq.re.kr

Tel : 051-750-2566, Fax : 051-758-3992

* 국방기술품질원

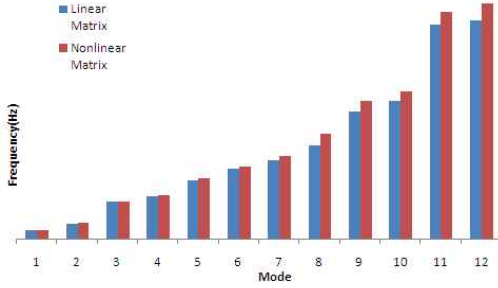


Fig 2. Modal Frequency of the Shaft-line

식 (1)을 이용해 감쇠계수를 고려한 전달행렬식을 유도하면 식(2)와 같다. 여기서 K 는 자유도 q 의 함수로 탄성력은 Flexible Coupling의 특성상 비선형성을 갖고 있으며, 감쇠계수 행렬 C 는 자유도 q 의 시간 미분 즉 속도의 함수로써 감쇠행렬은 프로펠러로 인해 비선형성을 갖고 있다.

$$[K(q)]q + [C(\dot{q})]\dot{q} + [J]\ddot{q} = 0 \quad (2)$$

감쇠계수를 고려하지 않은 전달행렬식은 식 (3)과 같다.

$$[K]q + [J]\ddot{q} = 0 \quad (3)$$

2.3 추진축계 고유진동수 해석

고유진동수 해석에 사용된 물성치는 함정 A의 물성치를 사용하였으며, 고유진동수 해석은 식(2)는 fixed point에서의 Linearization을 통해 수행되었으며 식 (3)은 선형행렬의 고유치해석을 통해 수행하였으며 그 결과는 Fig.2 와 같다. 해석결과 고유모드 주파수는 저차모드 보다는 고차모드에서 해석방법간에 차이가 있음을 알 수 있었다.

3. 결론

본 논문에서는 통상적인 해석방법인 질량 및 선형탄성계수를 통해 해석된 함정축계의 고유진동수와 비교하였다. 그 결과 고차모드에서 선형해석과 비선형해석간에 고유모드 주파수가 10Hz 이상 나는 것을 확인하였으며 보다 정확한 해석을 향후 함정에 대해 수행하기 위하여 이에 대한 실험적인 검증이 필요할 것으로 판단된다.