

서 해안선을 따라 일부는 진해만으로 북서향하고 나머지는 견내량해협으로 남서향한다. 그리고 낙조류 시에는 통영에서 해안선을 따라 동향하는 것으로 나타났다.

교통량의 경우 진해항은 마산항에 비해 수치적으로는 입항선박이 매우 적으나 진해만은 마산과 부산을 오가는 선박의 주요 통행로로 많은 수의 유조선과 화물선이 통행하며, 특히 마산항은 입출항이 잦으며 100~7,000톤급의 선박이 80%를 차지하나, 7,000톤 이상의 대형선박 또는 15%로 통항이 매우 많아 잠재된 대형사고인자 또한 높다. 그리고 케미칼·LNG·LPG운반선도 총 입항선박의 27%를 차지하고 있다.

그리고 진해만해역의 해안선은 다소 단조로운 편이나 다수의 섬이 존재하고 있으며 주로 간출암(바위) 해안, 인공구조물 해안, 모래해안, 펄 간석지로 이루어져 있다. 해양유류오염에 민감한 지역으로 해수욕장, 해조류 양식 해역, 제1종 공동어업 해역 등이 있고 민감지역이 특정지역에 집중된 편이다. 진해만해역에서의 해안오염방제 방법에는 자연적 회복, 저압 냉수 및 온수 세척, 고압 냉수 및 온수 세척, 수작업, 유흡착재에 의한 제거 및 기계적 제거 등이 있는 것으로 나타났다.

진해만에서 발생할 수 있는 최악의 시나리오, 즉 50,000톤급의 자동차 운반선의 충돌사고 인한 기름 유출사고를 설정하여 오염방제장비의 적정수량을 산정한 결과, 본 연구해역은 매우 오염에 민감한 지역으로 유처리제는 사용할 수 없고, 기계적 회수방법으로 기름의 대부분을 회수해야 하며, 초기방제 24시간 이내에 설치할 수 있는 외해용 오일붐을 겨울의 경우 7,700m, 여름의 경우 11,300m가 필요하며, 총 회수용량이 약 657.5m<sup>3</sup>·ton/hour인 스키머가 필요하므로 내해용 스키머를 추가로 확보해야 하므로 현재 진해만에 비치되어 있는 방제오염장비의 양은 필요량에 미치지 못하는 것으로 조사되어 추가로 구비하는 것이 필요한 것으로 사료된다. 그러나 합성유기질흡착재의 경우 폴리우레탄 흡착재를 기준으로 하였을 때 3,453kg을 보유해야하나 이미 적정량이상을 구비한 것으로 조사되었다.

본 연구의 결과 진해만은 계절에 따라 보유해야할 방제장비의 양이 크게 다른 것으로 나타났다. 이는 여름에 경우 겨울에 비해 많은 증발이 일어나 해수 표면에 존재하는 기름이 양은 적으나 매우 민감한 지역으로 기름의 확산이 이루어져 상대적으로 많은 오일붐과 징비가 필요한 것으로 나타났다. 즉 설정한 가상 최악오염사고에 따르면 진해와 마산만 부근에 더 많은 양의 방제장비를 확보해야 하는 것으로 나타났다.

## 8. 동흡진기에 의한 디젤엔진 본체 진동 제어에 관한 연구

기계공학과 유 정 대  
지도교수 김 정 렬

저속 디젤엔진은 다른 열기관에 비하여 열효율이 뛰어나고 이동이 용이하여 선박의 추진 축계 및 발전소의 동력원으로 널리 사용된다. 그러나 저속 디젤엔진은 실린더의 폭발압력 및 왕복 질량의 관성력에 의하여 필연적으로 디젤엔진 자체, 보조기기 및 주위 구조물의 진동을 유발하므로 설계 초기단계에서부터 이를 검토하고 올바른 대책을 수립하여야한다.

선박의 추진 축계에 사용되는 디젤엔진은 브레이싱을 장착하여 공진을 회피하는 방법, 실린

더 폭발 순서의 변경, 혹은 크랭크 배치각을 불규칙하게 배열함으로써 특정 차수의 기진력을 줄이는 방법, 엔진에서 발생하는 기진력과 역위상의 모멘트를 발생하여 기진력을 상쇄시키는 방법 등으로 진동을 제어할 수 있으며, 비용 및 설치의 용이성 등의 이유로 브레이싱을 장착하는 방법이 널리 사용되어 진다. 그러나, 육상 발전용 디젤엔진은 주위에 브레이싱을 설치할 수 있는 구조물이 없으므로 다른 대책이 요구된다.

동흡진기는 적용 대상물과의 고유진동수 튜닝을 통하여 대상물이 주기적인 외력을 받을 때, 대상물과 동흡진기가 역위상의 진동을 일으키게 함으로써 진동 에너지를 흡수하고 대상물의 공진점에 있어서의 진동을 제어하는 고전적인 진동 제어 방법의 하나이다. 이는 관련 이론 및 장치의 구성이 비교적 간단하며 설계가 단순하여 실제 적용시 부작용 등의 위험성이 적고 장착 후 별도의 유지 및 보수가 불필요하다는 장점이 있다.

본 연구에서는 10만 kW 육상용 디젤 발전소에 설치된 Hyundai-MAN B&W 9K80MC-S 엔진을 대상으로 X 모드 진동을 제어하기 위한 동흡진기를 설계 및 제작하였다.

동흡진기를 사용하여 대상물의 진동을 제어하기 위해서는 대상물을 특정 진동 모드에 따른 1자유도 등가 질량계로 치환하고, 이와 동일한 고유진동수를 갖는 동흡진기를 설계해야 한다. 대상물의 진동 저감 정도는 동흡진기 동조 질량의 관성력에 비례하므로, 진동 저감치가 결정되면 동흡진기 동조 질량을 결정할 수 있으며 튜닝 주파수를 가지도록 적절한 강성을 갖는 스프링을 선정할 수 있다. 스프링은 시장에서 널리 구할 수 있고, 필요에 의해 사양의 변경이 용이한 압축 코일 스프링이 적합하며 스프링에 걸리는 하중을 고려하여 적절한 개수의 선정이 요구된다. 피로 한계에 의한 스프링의 손상을 방지하기 위하여 한계 수명을 검토하였으며, 정상 상태 조건 및 허용 가능한 충격 하중 조건에서도 피로 파손의 한계치인  $10^7$  cycle을 만족함을 확인할 수 있었다.

제작된 동흡진기 자체를 대상으로 튜닝 정도를 확인하기 위하여 모드 실험을 실시하였다. 동조 질량의 중심에 임팩트 해머를 사용하여 가진하고, 동조 질량 및 케이싱의 여러 위치에서 주파수 응답함수를 계측하였다. 확실한 공진 응답을 보인 주파수에서의 고유 진동 모드를 확인하기 위하여 FE해석을 수행하였으며, 시험의 여러 제약 조건들을 감안하면 동흡진기가 잘 튜닝된 것으로 확인할 수 있었다.

디젤엔진의 공장 시운전 및 발전소 현지 시운전시 진동 제어 성능을 확인하기 위한 진동 계측을 실시하였다. 동흡진기 적용 후 발전기 동기회전수에서의 디젤엔진 본체 진동은 해석과 동일한 적용 이전의 약 20% 수준의 양상을 보였다. 그러나, 동기회전수 이외의 비공진 영역에서의 진동양상은 해석과 차이를 보였으며, 이는 디젤엔진 본체의 진동이 X 모드 이외의 다른 진동 모드와의 연성 및 축계 진동의 영향을 받기 때문으로 판단된다.

동흡진기를 적용하면 대상물의 고유 진동수 전후에 필연적으로 공진점이 발생한다. 디젤 발전소에 설치된 디젤엔진은 시동 및 정지시를 제외하고는 발전기 동기회전수에서만 운전되므로 동흡진기를 적용하여 진동을 제어하는 것은 매우 효과적이다. 그러나 선박의 추진축계에 설치되는 디젤엔진은 모든 조건에서 운전이 가능하여야 하므로, 동흡진기 적용으로 인하여 발생한 공진점에서의 진동 양상의 검토가 요구된다.

이를 위하여 동흡진기 내부에 고점도 실리콘 오일을 충전하여 부가적인 감쇠를 주어 튜닝뎀퍼로 사용하는 방법을 검토하였으며, 최적 감쇠 계수를 이론적으로 구하였다. 이 경우, 대상물의 고유진동수에서의 진동 응답은 조금 증가하나 동흡진기 적용으로 인하여 발생한 공진점에서의 진동응답은 충분히 제어 가능함을 확인할 수 있었다.

디젤엔진 이외의 다양한 대형 구조물에 적용하기 위하여, 대상물의 기진 주파수 변화에 따라

자동 조율하여 모든 조건에서 최적의 진동 양상을 보일 수 있는 액티브 댐퍼 개발에 대한 연구를 수행할 예정이다.

## 9. 필라멘트 와인딩 공법에 의해 제조된 소형 선박용 복합재료 축의 설계 및 응력 해석에 관한 연구

기계공학과 임철문  
지도교수 김윤해

복합재료의 응용은 항공, 우주 분야에서 뿐만 아니라, 조선산업에서도 날로 증가됨에 따라서 복합재료 산업은 이미 많은 발전 단계에 이르고 있다. 항공, 우주 분야에서는 autoclave를 이용하여 항공기의 동체나 헬리콥터의 블레이드를 복합재료화하였고, 자동차의 범퍼등도 프리폼에 수지를 주입하는 RTM성형법을 이용하여 복합재료화 하고 있으며, 고강도, 고탄성률을 지닌 섬유와 에폭시등의 수지를 이용하여 Filament winding 압력용기 등을 복합재료화하고 있다. 본 연구는 Filament winding 성형기술 개발을 위한 요소 기술을 확보하고 이를 바탕으로 선박용 복합재료 축을 개발하고자 한다. 복합재료 축은 강도가 크며 기존에 사용하고 있는 단강제품에 비해 무게 절감 효과를 가져오고, 피로 비틀림 특성이 우수한 잇점을 지니고 있다. 따라서 선박용 복합재료 축을 성형기술을 확보하여 축의 응력해석 및 구조설계를 행하여 Filament winding 성형기법으로 시제품을 제작하여 문제점 및 보완 대책을 강구하여 보다 우수한 제품 개발에 그 목적을 두고 있다.

필라멘트 와인딩 제품은 주로 내압을 받기 때문에 내압에 대한 특수한 응력해석법으로 망상 구조 응력 해석(netting analysis)법이 필라멘트 와인딩 구조재료의 응력해석에 주로 사용된다. 그러나, 본 연구에서 제작하고자 하는 축은 내압을 받는 구조가 아닌 인장, 압축 및 비틀림을 받으므로 적층판 구조 응력 해석법을 사용했다. Filament winding 구조 재료는 거시적으로 섬유 방향이 대칭으로 된 플라이를 적층한 적층판과 같다고 볼 수 있으므로, 적층판 구조 응력 해석법이 바로 적용 될 수 있다. 하중을 받는 복합재료 적층판의 변위와 변형률은 단일층 복합재료와 달리 각층 사이의 상호작용으로 인하여 변위와 변형률이 복잡한 형태를 나타나게 되는데, 이러한 변위, 변형률을 구체적으로 구할 수 있는 이론인 고전 적층판 이론을 이용하여 복합재료 적층판의 강성도를 구하고 선정된 복합재료 축의 직경에 대한 응력해석을 하였다. 일반적으로 선박용 축계는 선급 규정에 따라서 그 직경을 결정한다. 그러나, 소형선박에 있어서는 그 규정에 따르지 않고 설계하여도 무방하여, 일반축계설계와 동일한 방법으로 설계하였다.

본 연구에 제작하고자 하는 축은 소형선박에서 사용하고 있는 금속재료(SUS420) 축을 복합재료 축으로 대체하기 위한 것으로 직경(D) 30~50mm, 길이(L)는 약 300mm의 축이다.

본 연구에서는 소형선박용 복합재료 축을 개발하기 위해서 응력해석 및 구조설계를 하였다. 와인딩 구조물을 고전적층판이론으로 해석하여 복합재료 축에 가장 큰 영향을 미치는 비틀림을 고려하여 계산하였을 때, 직경이 클수록 전단응력을 적게 받음을 알 수 있었고, 90°일 때 전단 변형률이 가장 커져 비틀림 모멘트에 가장 큰 영향을 받음을 알 수 있었다. 직경을 40mm로 하