

separator)가 IMO결의 MEPC.60(33)에서 정한 시험기준에 따른 배출 유분농도 15ppm에 만족하도록 구성되어 있으며, 더욱 분리효과를 높이기 위하여 적층판형(laminated disc type)인 전처리 장치가 유수분리기에 설치되어 있다. 그러나 전처리장치(pre-treatment)가 부착된 유수분리기를 통하여 분리된 기름이라도 선박연료로 재활용할 경우에는 유화, 산화작용에 의한 고형물, 콜로이드(colloid)상의 교착상태와 같은 문제점을 일으킨다.

폐유 소각기(waste oil incinerator)를 기관실에 설치하여 처리하고 있으며, 발전기 및 보일러의 연료유로 재 사용하고자 초음파 분쇄기 등의 장치를 개발하여 사용한 예는 있으나 여러 면에서 만족할 만한 효과는 없는 실정이다. 따라서, 선박내의 슬러지유(sludge oil), 빌지(bilge), 오 폐유(dirty oil)등의 처리는 유수분리기(oily water separator)를 거쳐서 슬러지유 탱크에 모아 육상으로 이송하는 경우가 대부분이다. 하지만 이 경우에는 경제적, 시간적으로 소모가 많고, 해양오염의 위험성도 많기 때문에 선박내에서의 폐유 처리가 가장 이상적이라고 할 수 있다.

먼저 이 논문에서는 연료유 슬러지(sludge fuel oil)와 윤활유 슬러지(sludge lub. oil)의 성상 및 조직구조(탄화수소의 결합상태)를 조사하고, 이 시료유를 초음파 캐비테이션에 의해 미립화 및 균질화한 조직(matrix)을 조사시간 및 실험조건 등에 따라 비교, 검토하였다[16]. 이 결과를 선박 폐연료유의 재 사용문제, 해양오염방지 대책 등의 자료로 활용할 수 있을것이다. 선박에서 생성되는 폐유를 보일러 연료로 재 활용한다면, 국제협약 MARPOL 73/78 Annex 1 Reg. 17 규정하는 선박의 슬러지유 탱크용량을 최소화하여 오염물질 발생량을 감소시키고, 뿐만 아니라 연료절감 효과에도 크게 기여할 수 있을 것이다. 그리고 연료유 슬러지(SFO) 및 윤활유 슬러지(SLO) 환경을 여러 시험조건에 적용하여 초음파 진동자의 혼 디스크(horn disc)에서 발생하는 침식손상에 의한 특성을 규명하기 위하여 일반강으로 가장 많이 활용되는 탄소강인 SS41을 디스크(또는 시험편)의 재료로 사용하였다. 이 SS41에서의 침식양상을 침식세기의 기본이 되는 진폭의 변화, 50 $\mu$ m과 24 $\mu$ m 진폭 등에 따른 침식손상을 정립하고, 유환경의 온도변화 및 혼의 침지 깊이에 따른 침식손상 특성을 조사하였다. 아울러 이러한 연구자료가 슬러지유의 선내처리 방법 중 하나인 초음파 진동에 의한 유입자의 분쇄작용을 응용하여 소각기(incinerator)에서의 소각이나 보일러(oil fired boiler) 등의 연료유로 재 사용할 수 있는 목적으로 연구되는데 활용되기를 바라고, 이에 사용되는 초음파 진동장치 중 중요부품인 진동자 혼의 디스크 침식손상 양상과 특성을 초음파 진동을 응용하는 기기나 장치에서의 침식 억제방법에 유용한 자료로 활용하고자 한다.

## 7. 캐비테이션의 영향을 고려한 부유체 구조물의 수중폭발 충격응답 해석

해양시스템공학과 권 정 일  
지도교수 이 상 갑

합정의 생존성(survivability) 확보 측면에서 예상되는 적의 수중폭발(underwater explosion)

공격에 대한 대상함의 취약성(vulnerability) 평가는 함정 설계 시 고려되어야 할 가장 중요한 사항중의 하나이다. 그러나 실선충격시험을 수행하기 위해서는 막대한 비용이 소요되며 시험 특성상 재시험이 거의 불가능하고 환경영향의 최소화를 위한 과도한 과의비용 지출 등의 많은 현실적 어려움이 있다. 미국해군을 비롯한 선진 해군국가에서는 90년대 들어오면서 전산기 환경의 급격한 발전과 고도의 충격응답 수치 시뮬레이션 도구의 개발에 발맞춰 실선충격시험의 보조자로서 궁극적으로는 실선충격시험을 대체할 수 있을 정도로 정확한 충격응답 수치 시뮬레이션 기술개발에 대한 연구가 활발히 수행되고 있다.

수중에서 폭발물이 폭발을 일으키게 되면 일반적으로 지수 함수 형태의 충격파가 발생한다. 이러한 충격파에 의해 보통 수면에는 광범위한 광역 캐비테이션(bulk cavitation)이 발생하고, 구조물 주위에는 국부 캐비테이션(local cavitation)이 발생한다. 이렇게 발생한 캐비테이션이 닫히면서 일으키는 폐쇄 충격파(closure pulse)는 수중폭발시 발생하는 충격파 못지 않게 그 영향이 크다고 알려져 있다. 수상함과 같은 부유체 구조물의 수중폭발 충격파에 의한 충격응답해석을 보다 정확하게 수행하기 위해서는 충격파의 전파 시 발생하는 이러한 광역 캐비테이션과 선각 캐비테이션 현상을 고려하여야 한다.

수중폭발에 의한 함정의 선체구조 및 탑재장비의 내충격 설계기술은 국방관련 기술임으로 선진국으로부터의 기술 이전 및 습득이 거의 불가능하기 때문에 독자적인 기술개발이 불가피하다. 이를 위해서는 첨단 시뮬레이션 전산기 환경 및 도구 구축, 시뮬레이션 모델링 기법의 고도화, 모형 및 실선충격시험 결과와의 비교를 통한 시뮬레이션 결과의 신뢰성 검증 등의 심도 있는 연구의 수행이 절실하다. 90년대 중반부터 전산기 환경의 급속한 발전과 함께 explicit hydrocode인 LS/DYNA3D와 CFA code 및 DAA code인 USA(Underwater Shock Analysis) code를 연계한 LS-DYNA/USA의 개발을 통해 수상함 충격응답 해석의 새로운 계기를 마련하여 충격응답 해석 고도화의 일환으로 현재 함정의 충격응답 해석에 적극 활용하고 있다.

실선충격시험 등이 불가능한 함정의 탑재장비에 대해서 미국해군의 탑재장비 내충격 설계검증을 위한 표준 해석방법인 DDAM(Dynamic Design Analysis Method) 해석을 통한 접근 방법이 많이 사용되고 있지만, 이 방법은 대상장비의 충격응답이 선형이고 탄성한도 내에 있다는 가정 하에서 개발된 방법이므로 이러한 수중폭발 공격에 대해 선체구조와 탑재장비의 내충격 안전성에 대해 평가하기에는 여러 가지 적용에 어려움이 있다.

본 논문에서는 내충격 안전성과 함정의 생존성을 확보하기 위하여 함정 선체구조 및 탑재장비의 연성효과를 규명함으로써 함정의 선체구조와 탑재장비의 내충격 성능을 향상시키고, 나아가 전선(whole ship) 충격응답 해석에 직접 활용하기 위한 연구로써 수중폭발로 인한 개략적인 현상과 충격하중, 그리고 이로 인해 발생하는 경계면 효과에 대하여 간략히 살펴보고, 현재 널리 사용되고 있는 대표적인 충격응답 수치 시뮬레이션 기법인 ALE(Arbitrary Lagrangian/Eulerian) 방법과 Hybrid 방법, 그리고 이들을 이용한 code들에 대하여 설명하였다. 그리고 이들 code을 이용하여 캐비테이션을 고려한 수중폭발 충격응답 해석을 수행하고, 이러한 연구 결과를 종합한 실제 구조물 적용 연구로써 내충격 안전성 평가에 있어서 현재 국내에서 수행이 불가능한 MIL-S-901D 중중량(heavy weight) 충격시험의 대안으로 LS-DYNA/USA를 이용하여 탄성마운트(resilient mount) 지지 장비시스템의 수치 해석 기법에 대하여 연구하여 실제 함정에 탑재되는 장비에 대하여 선체구조-받침대-장비의 연성(interaction) 효과를 고려한 수중폭발 충격응답 예측기법을 정립하였다.