

4) 퍼지제어기 구현 시 모든 상태변수들을 계측할 수 없을 때에는 퍼지 전차수 또는 축소차수 상태관측기를 설계하여 피이드백하며, 전체시스템에 대한 안정도를 해석한다.

본 논문에서 제안된 방법을 이중수조 시스템의 수위 제어 문제에 적용하여 그 유효성을 검증한다. 이중수조 시스템은 비선형성을 내포하고 있어서 동작점에 따라 그 동특성이 심하게 변하는 특징을 갖는다. 이러한 시스템의 퍼지모델을 얻고, 이를 기초로 퍼지제어기와 퍼지 상태관측기를 설계하고 전체 제어시스템의 성능을 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하여 알아본다.

## 9. 油槽船 船首部の 耐衝突 構造設計에 關한 研究

조선공학과 신 영 식  
지도교수 박 명 규

본 논문은 유조선 선수부의 내충돌 구조설계에 관한 연구로 동적비선형 해석방법을 이용하여 유조선 선수부구조의 붕괴거동 및 응답성능을 규명하고, 또한 해상인명안전국제협약(SOLAS)의 규칙에 의해 결정되고 있는 충돌격벽의 위치를 검증하여, 최적의 내충돌 구조설계와 충돌격벽의 위치를 제시하는데 있다.

본 연구에서 선수부구조의 배치와 충돌 조건 등에 따른 충돌거동과 응답성능을 상호 비교 검토하기 위하여 16개의 이상화 모델, 21개의 실선 유조선들 모델 및 36개의 100k 유조선 모델 등, 총 73개의 선수모델을 이용하여 방대한 동적충돌 시뮬레이션을 수행하여 조사했다.

지금까지 수많은 선박충돌로 인해 해양오염은 물론 귀중한 생명과 재산의 손실이 있었으며 또한 모든 선박은 항시 잠재적으로 이러한 충돌 사고의 위험성에 노출되어 있다고 볼 수 있다. 따라서 본 연구에서는 가상충돌 시나리오에 따라 충돌선이 피충돌선에 충돌하는 선박간 충돌과 충돌선이 해상구조물 등의 강체에 충돌하는 각각의 경우에서 충돌격벽의 위치, 늑골구조의 형태, 주 구조부재 형태, 부재치수, 충돌속도, 선박의 크기, 피충돌체 등을 변경 및 조합하여 선수부구조의 붕괴거동, 충돌에너지 흡수능력, 관입량, 충돌후 속도, 충돌력, 관입량 대 충돌력 등을 검토하므로써 주요 충돌 영향인자와 선수부구조의 최적의 내충돌 구조설계 및 충돌격벽의 위치를 검토하였다. 따라서 이러한 각각의 충돌에 대한 구조적 거동과 붕괴 메카니즘을 감안하여 선수부구조의 배치와 설계가 이루어지면, 충돌 시 충돌선 또는 피충돌선의 손상변형을 최소화하여 선박의 손상복원성을 높이고 또한 기름유출을 최소화하여 해양오염도 상당히 감소시킬 수 있을 것이다. 본 연구에서는 충돌선 선수부구조의 붕괴 메카니즘에 대해서만 논의 하였다.

선수 충돌현상에 대한 연구들의 대부분은 기본구조요소들의 압괴실험을 통한 간이식 유도 또는 선수구조 형태와 유사한 단순 축소모형을 이용하여 준정적 압괴실험을 수행하고 압괴하중과 압괴거리 또는 흡수에너지 등을 구해서 선수부구조의 충돌현상을 추정하는 방법들이다. 이러한 방법들은 부분적으로는 실험결과와 일치 할 수도 있으며, 또한 이용이 간편한 점도 있겠으나 복잡한 선수부구조의 동적충돌거동과 응답성을 구현하기 어려울 뿐만 아니라 실제 충돌현상과도 커다란 차이가 있다. 가장 유효한 방법으로는 실선의 충돌실험으로 충돌거동과 응답성능을 추정할 수 있는 방법이 있겠으나 이는 현실적으로 가능하지 않기 때문에 유용한 방안으로 높은

정도를 인정받고 있는 동적 시간적분 양의해 방법의 비선형 유한요소법을 이용하여 다양한 모델들의 충돌조건들에 대한 시뮬레이션을 수행하였다. 또한 이들 충돌거동과 충돌격벽의 상관관계도 조사 검토하였다.

본 논문의 구성은 제 1장 서론에 이어 제 2장에서는 박판 구조요소의 압괴 메카니즘과 접힘 이론에 대해 설명하고 제 3장에서는 조건이 각기 다른 16개의 이상화 모델을 이용하여 충돌응답해석을 수행하고 이를 비교 분석하였다. 해석조건으로는 질량과 충돌속도, 늑골형태, 중간 갑판의 구조형태 등을 변화시키면서 이들이 충돌거동에 미치는 영향을 비교 분석하여 이들 인자들에 대한 유용성을 조사하였다. 이 조사에서 유연한 선수구조(soft bow)와 강성 선수구조(rigid bow)등의 구조적 조건 등도 비교 검토되었다.

제 4장에서는 충돌조건이 고려되지 않은 현재의 설계방안으로 건조된 실선 유조선들의 충돌거동 및 응답성능을 조사하기 위하여 10.5k, 35k, 73k, 100k 및 300k 등 최근에 건조되어 운항 중인 5종의 유조선들을 이용하여 가상 충돌 시나리오에 따라 시뮬레이션을 수행하였다. 이들 유조선들의 충돌거동 및 응답성능을 비교 분석하기 위하여 강체에 충돌했을 때 충돌격벽 부위에서 소성역이 발생하는 시점을 기준으로 각각의 임계 속도, 임계시간, 관입량, 흡수에너지 등을 조사하였다. 또한 구조 형태 별로 외판의 두께와 충돌속도를 변화시키고 이들의 영향도 조사하였다.

제 5장에서는 주요 설계 요소들이 실선 유조선에 각각 적용 및 변경되었을 경우 이들이 충돌거동 및 응답성능에 미치는 영향을 조사하였다. 이를 위해 제4장에서 수행한 선박들 중에서 중간 크기의 100k 유조선을 대상으로 각각 조건이 다른 36개의 모델을 선정하고 동적충돌거동 및 응답해석을 수행하였으며 각 요소들이 이들에 미치는 영향을 비교 분석하였다. 이 해석에서 늑골 형태, 중간 갑판구조, 충돌격벽의 위치 변경등에 의한 영향과 충돌 조건 즉 선박간 충돌 또는 강체충돌에 따른 여러 인자들의 영향을 조사하고 그 유용성을 비교 분석하였다.

이 해석 결과로부터 각 설계 인자들의 영향과 유용성을 비교 검토함으로써 충돌을 고려한 선수구조의 설계방안을 제시하였으며 또한 SOLAS 규정의 충돌격벽 위치에 대한 정도를 검증하여 그 문제점을 확인하였다. 이상의 연구 결과를 간단히 요약하면 다음과 같다.

- 1) 늑골구조의 배치 형태가 충돌에너지 흡수성능에 영향이 크며 횡늑골 배치가 종늑골 배치보다 충돌에너지 흡수효과가 크고, 축 압축강성이 크지 않는 스트링거(stringer)형과 같은 구조배치와 조합될 때 가장 유연한 선수구조(soft bow)를 구현할 수 있다
- 2) 유연한 선수부 구조형에서는 충돌에너지를 많이 흡수하므로 충돌부위의 압괴량은 크나 후부구조의 소성변형이 상대적으로 적다.
- 3) 충돌거동은 질량의 증가보다 충돌속도의 영향이 더욱 크게 나타났으며, 구조적 형태에 따라 흡수에너지 성능도 비례하여 증가하는 것을 확인하였다.
- 4) 저에너지 충돌에서는 유연한 구조배치가 효과적이나 질량과 속도가 큰 고에너지 충돌에서는 구조적으로 에너지 흡수성능이 우수하면서 관입량이 크지 않은 구조형태가 효과적이다.
- 5) 격벽에서의 최대 탄소성 응답은 외판에서 중간갑판 또는 스트링거가 충돌격벽과 접하는 부분 또는 갑판의 중부재가 충돌격벽에 연결되는 부분에서 발생된다.
- 6) 외판의 치수변경에 의한 충돌영향은 적은 반면 구조부재 배치영향이 더 크다.
- 7) 선수부 구조의 강성이 크면 관입량은 적으나 피충돌선에 많은 에너지가 전달되어 피충돌선의 붕괴거동이 크다.
- 8) 충돌선의 관입량은 충돌격벽에 의해 크게 저지되고 있음을 알 수 있으며 충돌격벽이 스텝에서 멀면 충돌에너지가 앞부분에서 충분히 흡수되어 격벽과 그 후부에서의 손상변형이 적으나

스텝에 근접하면 충돌격벽 및 그 부근과 피충돌선에서 탄소성변형이 크게 나타난다.

- 9) SOLAS 규정에 따라 충돌격벽의 위치는 선박의 크기 및 속도, 구조강성에 관계없이 최소한 0.05Lr 또는 10m 중 적은 값을 적용하도록 하였는데, 충돌거동이 비교적 작은 선박간 충돌에서도 붕괴되는 현상을 보였다. 따라서 100k 유조선의 경우 SOLAS 규정에 의한 충돌격벽의 위치는 선박간 충돌에서는 최소한 Fr.101 위치와 같은 0.057Lr 이상, 강체 충돌시에는 Fr.100 위치와 같은 0.073Lr 이상이 되도록 하는 것이 최소한의 충돌격벽의 구조적 보전성(structural integrity)을 유지할 수 있다.

## 10. 소음기의 삼입손실 특성에 관한 연구

기계공학과 강 동 림  
지도교수 김 의 간

본 논문에서는 여러 형태를 갖는 소음기의 삼입손실을 4단자 정수를 이용하여 구하고 실험에 의하여 적용한계를 확인하였다. 실험에 사용한 소음기는 단순팽창형 소음기, 원뿔형 소음기, 단순팽창형과 원뿔형 소음기의 조합형, 다공형 소음기이며 실제 기관의 배기계에 부착하여 삼입손실을 측정하고 해석치와 비교 검토하였다. 여기서 원뿔형 소음기는 기관 배기관과 소음기 입구관의 직경이 다른 경우 이를 연결하기 위한 것으로 이 소음기가 삼입손실에 미치는 영향을 검토하였다. 다공형 소음기는 Sullivan의 연구 결과를 이용하여 4단자 정수를 구하고 전달매트릭스법으로 해석하고, 다공관 구멍에서의 임피던스는 Rao와 Munjal의 연구결과를 적용하여 해석하였다. 소음기의 삼입손실 해석시 평면파 이론이 적용 가능한 주파수영역과 소음기 출구관 길이가 토출음에 미치는 영향도 함께 고찰하였다.

또한 소음기의 형상에 따른 성능 예측 전산프로그램을 개발하고 이를 실제 소음기에 적용하여 해석법의 신뢰성을 평가하였다. 그리고 이를 기류음을 주소음원으로 갖는 증기 에젝터용 소음기 설계에 적용하여 삼입손실을 측정, 분석하여 적용 가능성 및 문제점을 확인하였다. 또한 컴팩트한 증기 에젝터용 소음기를 설계 제작하여 실제 증기 에젝터에 부착하고 삼입손실을 측정하였다. 이를 기존의 소음기와 비교하여 설계의 신뢰성을 확인하였다.

소음기를 설계함에 있어 각 부의 음향임피던스가 다르므로 이를 반사형과 흡수형으로만 나누어 해석하는 것은 최적 설계의 한계를 갖는다. 또한 소음기 내부의 음장 거동을 가시화하여 분석할 수 있으면 보다 효율적이고 최적의 소음기를 개발 할 수 있다. 여기에서는 실험용 소음기를 제작하여 이의 음향특성을 주파수별로 확인하고 소음기 내부의 음장거동을 PIV 계측법을 적용하여 가시화하는 방법을 검토하였다.

이상과 같이 본 논문에서는 다음 3가지 사항을 중점적으로 다루었다. 첫째, 여러 가지 구조와 형상으로 구성된 소음기의 삼입손실을 이론적으로 해석하는 방법을 검토하고 이를 실제 소음기에 적용하여 해석법의 타당성과 한계를 실험적으로 확인하였다. 둘째, 에젝터용 소음기 설계시 고려하여야 할 사항을 이론적으로 검토하고 이를 실험으로 확인하였다. 셋째, 소음기내에서 음의 거동을 가시화하기 위하여 소음기 내에 추적입자를 주입한 후 그 입자들의 거동을 화상처리를 통하여 정량적으로 파악하는 PIV 계측이론과 적용 가능성에 대하여 검토하였다.