

선진국에 비하여 다소 낮은 수준이고 국제해사기구(IMO) 등에서의 조선·해양관련 기술활동도 타국에 비하여 주도적이지 못한 경향이 있다.

본 연구에서는 SOLAS에서 요구하는 충돌격벽의 최소거리 위치에 대한 규칙의 적합성 여부를 검토하기 위하여 300,000 DWT VLCC와 6,800 TEU급 컨테이너선을 이용하여 실선충돌 시뮬레이션을 수행하고 선박간 충돌조건과 강체 충돌조건에서의 선수부구조의 붕괴거동과 충돌격벽에 미치는 영향을 조사하였다.

본 연구의 수행에 사용되는 수치 시뮬레이션 LS/DYNA3D code의 해석능력을 검증하고, 두 선박의 선수부구조가 300,000 DWT 유조선의 중앙부에 충돌하는 선박간 충돌과 해상 견고한 구조물 등의 강체에 전면충돌(full collision) 및 부분충돌(partial collision)에 대한 수치 시뮬레이션을 수행하여 그들의 결과를 검토하였다. 또한 충돌선 선수부구조의 강성 및 연성구조가 내충돌에 미치는 영향을 비교·검토하기 위하여 SOLAS 규칙에 따라 근래에 건조된 선박의 선수부구조를 강성 및 연성구조로 각각 설계 변경하면서 수행하였다.

21. MARPOL 규정검토 및 내충돌 성능에 우수한 이중선체 구조설계

해양시스템공학과 장 홍 수
지도교수 이 상 갑

최근 유조선의 해난사고에 의한 해양오염 방지에 대한 국제사회의 관심이 증가하고 있다는 것은 1990년 미국에 의한 기름오염 방지법안(Oil Pollution Act 90, OPA90) 발효와 1992년 국제해사기구(International maritime organization, IMO)의 유조선의 이중선체구조(double hull structure)의 의무화에서 잘 알 수 있다.

MARPOL 73/78 협약 발표 이후 주요 개정 사항 중의 하나가 유조선의 이중선체 규칙 도입으로 "Exxon Valdez"호 좌초사고 이후 유조선 사고에 의한 해양오염방지를 주목적으로 하고 있다. 유조선의 이중선체구조 배치에 대한 MARPOL 73/78 규정 중 이중선측구조(double side structure)의 규칙은 유조선의 재화중량만이 고려되는 유일한 인자이다. 그리고 이 규칙은 1992년 발효된 이후 보다 체계적으로 이 규칙에 대한 심도 깊은 연구가 수행되지 못했고, 선박간 충돌이라는 매우 복잡한 구조 역학적인 현상을 검증된 수단을 이용하여 더욱 구체적으로 연구를 할 필요가 있다고 사료되었다.

이중선체 규칙은 부속서 I, 제2장, 규칙 13F 및 13G에 의해 요구되고 있으나 신조의 경

우 규칙 13F만을 적용한다. 이 규칙은 Table 1.1에서와 같이 재화중량(deadweight, DWT) 600톤 이상의 모든 유조선에 적용되며 규칙 13F에 따라 충돌 및 좌초 사고 시 기름오염 방지를 위해 DWT 5,000톤 미만은 이중저(double bottom)를, DWT 5,000톤 이상의 모든 유조선은 이중선체구조를 의무화하였다.

유조선의 이중선체구조 배치에 대한 MARPOL 73/78 규정 중 이중선측구조(double side structure)의 규칙은 유조선의 재화중량만이 고려되는 유일한 인자이다. 다양한 크기의 선박간 충돌 시 피충돌선의 선측구조에 손상에 영향을 미치는, 즉 선측내판의 파공의 발생 유무를 결정하는 인자들로서는 충돌선과 피충돌선의 상대적인 크기, 충돌속도, 선수부 구조와 선측구조의 상대적인 연성 또는 강성도 뿐만 아니라 충돌선의 선수부 구조 중에서 강성이 큰 구상선수 또는 대체로 강성이 작은 상갑판 또는 선수 플레어(bow flare) 부위 등이 피충돌선의 어느 위치에 충돌하느냐에 따라서도 크게 달라질 수 있다. 이 때의 충돌위치는 선측구조상의 강성도와 밀접한 관계가 있다.

일반적으로 현재의 유조선의 이중선측구조의 내충돌(crashworthiness) 성능에 영향을 미치는 인자들로는 MARPOL 73/78 규정 중 이중선측구조의 규칙에 의한 선측외판과 선측내판 사이의 간격인 윙 탱크 폭(wing tank width)이외에 스트링거(stringer)와 웨브 프레임(web frame)으로 이루어지는 격자구조의 강성도이다. 그러므로 선측구조의 주요부재로서 스트링거와 웨브 프레임의 개수는 내충돌 성능에 영향을 미치는 주요 설계 파라미터(design parameter)가 될 수 있다.

본 연구에서는 유조선의 이중선체구조 배치에 대한 MARPOL 73/78 규정 중 이중선측구조의 규정에 대한 적합성을 검토하기 위하여 이중선측구조의 주요부재 배치를 설계 파라미터로 선정하여 구조배치 변경에 따른 다양한 충돌 시나리오에 대한 실선 충돌 시뮬레이션을 수행하였다. DWT 10.5k, 35.0k, 72.5k, 160.0k 및 300.0k의 충돌선이 DWT 35.0k, 72.5k, 160.0k 및 300.0k의 피충돌선의 선측에 수직으로 3.0, 7.0, 11.0 및 15.0 knots으로 충돌하는 것으로 하였다. 설계 파라미터로는 MARPOL 73/78에서 규정하는 윙 탱크 폭과 선측 주요부재인 웨브 프레임, 스트링거의 개수 3가지이다. 또한 단일선측구조(single side structure)의 선측외판과 이중선측구조의 선측외판 및 선측내판의 손상정도를 비교 검토함으로써 단일선측구조에 대한 이중선측구조의 내충돌 성능의 우수성을 검토하였다.

내충돌 성능에 우수한 이중선측구조의 도출을 위하여 이중선측구조의 주요부재 배치를 변경하는 것 이외에 새로운 선측구조 형상을 제안하여 내충돌 성능을 비교 검토함으로써 내충돌에 우수한 이중선측구조를 도출하였다. 이중선측구조의 붕괴거동과 선측내판의 손상정도의 비교 이외에 전체 및 각 구조부재별 충돌 흡수에너지량을 비교함으로써 내충돌에 우수한 구조배치를 판별할 수 있고, 각 구조부재의 내충돌 성능에 기여하는 정도를 판별할 수 있으므로 내충돌 성능에 우수한 구조 배치를 설계할 수 있다.

충돌현상에 대한 연구의 가장 유효한 방법으로는 실선충돌실험으로 충돌거동을 보다 정확히 추정할 수 있겠으나 환경적 문제와 막대한 비용이 요구되고 다양한 충돌상황을 연구함에

있어서는 한계가 있으므로 현실적으로 가능하지 않다. 한편 축소모형을 이용하는 방법이 있으나 치수효과(scale factor)등의 문제로 그 정도가 매우 낮으며 국부적인 현상만을 나타내기 때문에 실선 충돌거동과는 큰 차이가 있을 수 있다. 또한 간이식들이 유도되어 많이 사용되고 있으나 대부분 기본구조부재들의 실험결과를 근거로 도출되어서 복잡하고 거대한 실선의 충돌현상을 나타내기에는 적절하지 못하다.

LS/DYNA3D와 MSC/DYTRAN 등의 동적 비선형 시뮬레이션 코드를 사용하여 실선 유조선의 선수부 구조와 이중선측구조 등에 보강재의 형태, 주요부재의 배치 등의 변경을 통하여 선수부 구조와 선측구조의 붕괴거동과 파괴형태, 구조배치별 충돌에너지 흡수능력 및 압괴거리 등을 비교 검토하는 것은 매우 효율적인 내충돌 성능 향상의 연구방법이라 할 수 있다. 본 연구에서 수행하는 실선 충돌 시뮬레이션은 LS/DYNA3D를 사용하였다.

22. 내충격/내충돌에 우수한 300,000 DWT VLCC

선수부 구조설계

해양시스템공학과 정 영 진
지도교수 이 상 갑

선박의 선수부 구조(forebody structure)에 영향을 미치는 동적 거동(dynamic behavior)으로서의 황천 운항 시 선수 선저부(bow bottom structure)가 빠른 속도로 수면과 충돌하면서 발생하는 충격 현상인 선저 슬래밍하중(bottom slamming load)과 홀수 상부의 선수 플레어(bow flare)와 파랑이 충돌하면서 발생하는 충격 현상인 선수파랑충격하중(bow flare wave impact load) 등에 의한 국부적인 손상(damage)과 선수부 구조가 강체나 선박과 충돌(collision)함으로써 발생하는 손상이나 파단(rupture) 등이다. 이와 같은 선수부 구조에 발생하는 동적 거동은 대단히 복잡한 현상이 나타남으로 인해 정식화하여 이론적 해를 구하기 매우 어렵고, 또한 이러한 동적 현상을 실험이나 실측을 통하여 추정하기도 어렵다. 이것은 해양파의 특성, 선체의 운동, 선수부 구조의 형상 및 선수파랑의 불규칙적인 형태 등 많은 요소들이 복잡하게 간섭하여 발생함으로 인하여 선저 슬래밍하중과 선수파랑충격하중의 역적(impulse)과 작용영역의 크기 등 불명확한 점이 많기 때문에 역학적으로 정확하게 풀기가 곤란하기 때문이다. 또한 충돌사고 시 선체구조는 소성(plasticity), 파단, 찢김(tearing), 마찰 접촉(frictional contact), 대변형/대회전, 압괴(crushing)등 복잡한 비선형 구조응답을 나타내므로 충돌에 대한 선체구조의 손상거동 예측은 구조역학 분야 중에서도 가장 어려운 분야이