

선박의 충돌과 좌초로 인한 손상 (Ship Structural Damages due to Collision and Grounding)

조상래 (울산대학교)

1. 일반

상선이나 함정의 구조충격을 다음과 같이 나눌 수 있다.

- Mass Impact: Collision, Grounding
- Repeated Mass Impact: Ice Loading
- Repeated Pressure Impact: Slamming, Sloshing, Green Water
- Impulsive Pressure Impact: Underwater Explosion, Air Blast

이런 충격하중을 받게 되면 대변형이 발생하게 되고 충격의 정도가 심하게 되면 파단이 일어나기도 한다. 정적인 하중을 받는 경우와는 달리 재료의 가공경화(Strain Hardening), 변형률 속도 효과(Strain-Rate Effects)와 파단 변형률(Rupture Strain)을 적절히 고려하여야만 좋은 시뮬레이션의 결과를 얻을 수 있다. 가공경화와 변형률 속도의 효과에 대해서는 비교적 잘 밝혀져 있어 연구자들이 사용하는 값이나 관련 식이 크게 차이가 없으나 파단 변형률은 연구자에 따라 많은 차이를 보여주고 있다.

구조물이 충격하중을 받게 되면 대체적으로 Fig. 1과 같은

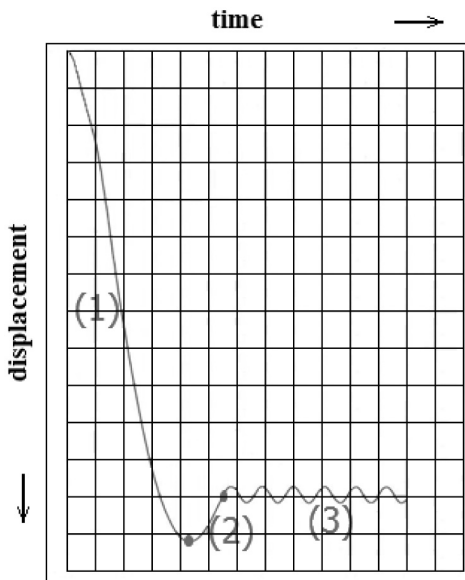


Fig. 1 Response of a marine structure under impact

거동을 보이게 된다. 이 그림에서, 구간 (1)에서는 탄소성 변형, 최대 처짐 발생 이후인 구간(2)는 탄성회복을 그리고 구간(3)에서는 탄성 진동을 보이고 있다. 실제 상황에서는 감쇠가 있어 탄성진동이 줄어들고 잔류 변형을 남기게 된다.

앞에서 언급하였듯이 충돌이나 좌초도 질량 충격 (Mass Impact)으로 분류된다. 충돌은 손상이 넓은 범위에 발생하는 경우(Major Collision)와 손상이 좁은 영역에 국한 되는 경우 (Minor Collision)로 나누어 진다. 좌초의 경우는 암초 위의 좌초 (Hard Grounding)와 모래 위의 좌초(Soft Grounding)로 나눌 수 있다.

2. 충돌 사고로 인한 선체 손상의 특성

충돌 사고가 발생하면 대부분 충돌선(Striking Ship)의 선수와 피충돌선(Struck Ship)의 선측부가 접촉을 하게 된다. Fig. 2에는 2008년 10월 29일 새벽에 Dover해협에서 발생한 영국 선적의 일반 화물선 Scot Isles호와 이집트 선적의 산적화



(a) struck ship(Scot Isles)



(b) bulbous bow of striking ship(Wadi Halfa)

Fig. 2 Damaged parts of both ships



(a) struck ship (Tor Dania)



(b) bow of striking ship (Amenity)

Fig. 3 Damaged parts of both ships

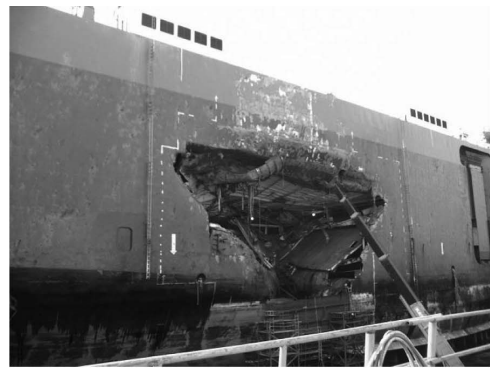
물선 Wadi Halfa호의 사고 후 손상부 형상을 보여주고 있다. 이 사진에서 알 수 있듯이 피충돌선의 손상부 형상은 충돌선의 접촉부인 구상 선수의 모양과 잘 일치하고 있음을 알 수 있다.

2005년 1월 23일 새벽에 발생한 영국 선적 탱커인 Amenity호와 놀웨이 선적 로선인 Tor Dania호의 충돌 사고는 또 다른 형태의 손상을 보여주고 있다. Fig. 3 에는 피충돌선인 Tor Dania호의 중앙 선측부의 손상(a)과 충돌선인 Amenity호의 선수부의 손상(b)을 보여주고 있다. 이 경우는 충돌선의 손상이 오히려 심한 경우이다. 이의 주원인은 Amenity 호에 구상선수가 없어 상대적으로 선수구조의 강도가 약하기 때문인 것으로 판단된다. 이로 인해 Amenity호의 선수부가 많이 찌그러졌다. 피충돌선인 Tor Dania호의 선측 손상부는 충돌선인 Amenity호의 찌그러진 선수부 형상을 명확하게 보여주고 있다.

Fig. 4는 2004년 1월 31일 새벽 울산항 앞바다에서 발생한 발라스트 상태의 자동차 운반선과 만재할수 상태에 가까운 컨테이너선의 충돌 사고 당시의 상황을 보여주고 있다.



Fig. 4 Collision accident of container ship and car carrier



(a) struck car carrier



(b) striking container ship

Fig. 5 Damaged parts of both ships

그리고 Fig. 5에서는 두 선박의 손상부를 보여주고 있는데 피충돌선은 심한 손상을 입은(a) 반면, 충돌선의 선수부는 그리 큰 손상을 입지 않았음을 알 수 있다(b). 충돌선의 손상부 사진에서 구상 선수 상부의 뚫린 구멍은 수리를 위해 조선소에서 절단 작업을 한 결과이다.

Fig. 2~5에서 보았듯이 충돌 사고가 발생하면 충돌선의 선수부 형상이 그대로 피충돌선의 손상부에 남는다는 것을 알



(a) overall view



Fig. 7 Bow damage of single hull VLCC due to grounding



(b) damaged rudders and propellers

Fig. 6 Stranded Riverdance after grounding

수 있다. 그리고 충돌선이 구상 선수부를 갖는 경우 구상 선수부가 피충돌선과 접촉하게 되면 구상 선수부는 거의 손상을 입지 않고, 이와 접촉하는 피충돌선에는 큰 손상을 남기는 것을 알 수 있다.

3. 좌초 사고로 인한 선체 손상의 특성

선박이 조종 능력을 잃고 해안의 모래밭이나 사구 위에 좌초를 하여 부력을 잃게 되면(Soft grounding) 선박은 옆으로 넘어지게 되고 선체 하부에 돌출되어 있는 타나 프로펠러가 손상을 입을 수 있다. Fig. 6에서는 2008년 1월 31일 바하마 선적의 로로선인 Riverdance호의 좌초된 모습을 보여주고 있다. 선체의 선저 외판에는 거의 손상이 없으나 돌출되어 있는 타와 프로펠러가 심하게 손상을 입은 것을 볼 수 있다.

다음에는 선박이 암초와 부딪치는 좌초를 하는 경우의 손상의 형태에 대한 설명을 하고자 한다. 암초와 부딪치는 깊이가 깊지 않으면 선수 선저부에 길이 방향으로 손상이 발생하거나 (Fig. 7 참조) 선저 돌출부의 손상을 입게 된다.

2009년 2월 5일 하와이 Honolulu 공항 부근 해역에서 미 해군 순양함인 Port Royal호의 좌초 사고가 발생하였다. Fig. 8



(a) bow bottom



(b) rudders and propellers

Fig. 8 Damaged parts of Port Royal

에는 이 사고로 발생한 손상의 형태를 보여주고 있다. 이 사진에서 알 수 있듯이 주선체에는 별다른 손상이 발생하지 않았고, 선수 선저부와 타 그리고 프로펠러에 손상이 발생하였음을 알 수 있다.

선박이 암초 위에 좌초한 후 빠져 나오기 위해 전후진을 반복하게 되면 Fig. 9에서 보여주는 것과 같은 손상을 입게 된다. 이 경우 선저 외판이 손상을 입어 떨어져 나가고 선저 외판의 보강재가 심하게 뒤틀어진 것을 볼 수 있다. 이 사진은 1996년 Milford Haven 부근의 해역에서 좌초 후 전후진을 반복한 Sea Empress호의 것이다.

선박이 빠른 속도로 암초와 깊게 부딪치게 되면 선저부에 길이 방향으로 깊은 손상이 발생하게 된다. Fig. 10에는 2009년 9월 16일 싱가포르 해협의 Monggok Sebarok 암초에서 발생한 영국 선적 컨테이너선인 Maersk Kendal호의 좌초 사고로 인한 손상부의 사진이다. 손상부의 길이로 사고의 정도를 짐작할 수 있다.



Fig. 9 Damage to the Sea Empress after multiple shallow grounding events



Fig. 10 Grounding damage of Maersk Kendal showing a longitudinal cutting of bottom shell

4. 천안함의 손상 형태

천안함의 손상 형태는 Fig. 11에서 볼 수 있다. 이 사진에서 보여주는 손상 단면의 형태는 앞에서 언급한 충돌이나 좌초에 의한 손상의 형태와는 전혀 다름을 알 수 있다. 오히려 호주 해군에서 1999년 6월 14일 서(西)호주 앞바다에서 실시한 실험에서 비접촉 어뢰에 의해 두 동강이 나서 침몰한 2700톤급 구축함인 Torrance호의 손상 형태와 거의 유사하다고 할 수 있다.



Fig. 11 Damaged Korean corvette Chunan



Fig. 12 Damaged Australian destroyer Torrance due to underwater explosion



조 상 래

- 1952년 12월 생
- (영) University of Glasgow
- 관심분야 : 선박해양구조물의 최종강도와 충격강도
- 현 재 : 울산대학교 조선해양공학부 교수
- E-Mail : srcho@ulsan.ac.kr