

함정의 수중폭발에 의한 침몰사례

이웅섭 (해군 전력분석시험평가단)

1. 개요

1.1 사건개요

2010년 3월 26일 (금) 21:22 경 백령도 인근 해상에서 정상적인 임무수행 중이던 해군 2함대 소속 천안함이 북한의 어뢰 공격에 의해 침몰되었으며, 승조원 총 104명 중 46명이 전사하고 58명이 생존하였다. 사건 발생 위치는 백령도 서남방 2.5 km 위치로 대한민국의 영해내에서 발생하였다.

1.2 민·군 합동조사단 운영

국방부는 2010년 3월 26일 천안함 침몰 이후 민·군 합동 조사단을 구성하여 침몰원인 규명을 위한 조사활동을 착수하였다. 조사과정의 투명성과 신뢰성을 제고하기 위하여 국내 12개 민간기관의 전문가 25명과 군 전문가 22명, 국회 추천 위원 3명, 미국·호주·영국·스웨덴 4개국 전문가 24명으로 조사단을 편성하고, 과학수사·함정구조 및 관리·폭발유형분석·정보분석 등 4개 분과로 나누어 과학적이고 체계적인 조사를 진행하였다.

2. 침몰 요인 분석

침몰 요인은 아래와 같이 비폭발, 외부폭발, 내부폭발로 구분하여 요인별 발생가능성을 판단하였다.



그림 1 침몰요인 분석

2.1 비폭발

1) 좌초

함정이 좌초로 손상을 입게 되면 통상 선저부에 길이방향으로의 찢김 (Cutting) 형상이 발생하며, 특히 천안함과 같이 함수 선저부에 소나돔이 있는 함정이 항해중에 좌초하게 되면 소나돔이 먼저 손상되는 것이 일반적인 현상이다. 그러나, 천안함 선체 인양 후 선저에 대한 조사결과 좌초로 인해 침몰되었다고 추정할 만한 선체 길이방향 굽힘이나 찢김이 없었고 선저 최하부에 위치한 소나돔 및 프로펠러도 좌초에 따른 손상이 없는 것으로 확인되었다. 오히려 좌초로는 발생하기 어려운 두 가지 선체 변형 양상이 파손 부위에 나타났다.

첫째, 떨어져 나간 가스터빈실 절단부위 전·후부 격실의 선저부 외판에 보강재 사이의 외판 패널에 심한 소성 처짐 변형(Dishing)이 발생하였다. 이는 과도한 압력이 광범위하게 작용한 결과로서 좌초로는 발생할 수 없다.

둘째, 중앙부 절단구역 선저 외판구조에서 함 내부로 큰 휨 현상이 발생하였다. 이러한 현상은 좌초로는 발생할 수 없다.

즉, 비접촉 수중폭발 시 발생하는 선저 외판 패널의 소성 처짐(Dishing) 현상이 관찰되어 암초 또는 다른 좌초 원인에 의한 손상 가능성은 없다.

2) 충돌

일반적으로 선박이 항해 중 충돌하면 피충돌선의 현측 외판이 찢어지고, 충돌선이 피충돌선 내로 진입하게 되면 파단부의 형상은 충돌선의 선수부 형상과 거의 같게 된다. 또한 피충돌선에는 충돌선의 페인트 등 잔류물이 남게 된다.

천안함 현측부의 손상형태에는 충돌선의 선수 형상이라고 볼 수 있는 파손형태나 잔해물이 없었다. 오히려 전체적인 손상형태는 선체 하부로부터 큰 힘이 상방향으로 작용한 모양이다.

천안함 사건 발생 시간에 한국해군전술자료처리체계 (KNTDS) 및 선박위치자동식별체계(AIS) 확인결과 5.5 마일 이내에는 항해 중인 선박이 없었으며, 사건 발생 이후 TOD상에도 천안함 주변에 항해하던 선박이 없는 것으로 확인되어 충돌 가능성은 없었다.

3) 피로파괴

피로파괴(Fatigue fracture)는 하중이 반복적으로 작용할 때 항복응력(Yield stress) 보다 낮은 응력에서 파단이 발생하는 현상으로 균열이 점진적으로 확대되다가 어느 정도 이상의 크기가 되면 불안정 급속파괴로 발전할 수 있다. 피로파괴로 인한 전단면에는 물결모양의 흔적(Beach mark)이 있고 파단면은 깨끗하게 절단되어 양쪽을 맞춰 보면 빈틈없이 일치한다.

천안함은 선체에 균열 현상이 없고, 피로파괴 시 절단면에서 관찰되는 물결무늬 모양의 흔적이 없으며 평균 선체 부식율 조사결과 3.22 %로 매우 양호한 상태였다. 또한 피로파괴와 연관된 징후 및 증언도 없었다.

2.2 내부 폭발

1) 탄약고 폭발

천안함은 초계임무를 주로 수행하는 함정으로 40 mm 및 76 mm 함포를 비롯하여 대함용 하푼미사일, 대잠수함용 폭뢰 등 다양한 형태의 폭발물을 탑재하고 있었다.

상부갑판에 위치한 탄약들은 각각 충분한 안전성을 고려하여 탑재되어 있고 작동원리 고려 시 자폭 가능성이 없으며, 자폭하더라도 노출 부분에 국부적인 피해를 줄 수는 있으나 선체 파괴는 불가능하다.

선저부 및 탄약고에 폭발흔적이 없었고, 인양된 탄약을 실شم한 결과 76 mm 및 40 mm 탄약 전량이 회수된 사실로 볼 때 탄약고 폭발은 발생하지 않았다.

2) 연료탱크 폭발

천안함 인양 후 조사 결과 화재에 따른 그을음 흔적이거나 연료탱크가 내부에서 외부로 폭발한 흔적이 없고 함미 탱크는 운전한 상태였으며 연료탱크가 위쪽으로 솟아 오른 것을 제외하고는 선체구조 변형이 없었으므로 연료탱크 폭발이 아닌 것을 판단하였다.

3) 엔진결함

디젤엔진은 근본적으로 폭발할 가능성이 희박하며, 과부하시 구성품 파손에 의한 파편 비산은 가능하나, 엔진실 내부에 국한되므로 폭발로 이어질 수 없다. 특히 사건 당시 천안함은 저속으로 기동하고 있어서 엔진의 과부하 위험성은 없었으므로 침몰사건과 디젤엔진 폭발은 무관하다. 가스터빈의 경우는 저속항해로 인해 가동하지 않은 상태였으므로 천안함 침몰과 관련성이 없다.

2.3 외부 폭발

1) 기뢰

기뢰는 항만이나 해역에 대한 봉쇄 또는 방어수단으로 가장 효과적인 해군 무기체계 중의 하나로 함정에서 가장 취약한 수면 아랫부분을 공격하는 무기로서 여타 일반 무기처럼 타격 목표를 추적하는 것이 아니라 타격목표가 접근하도록 기다린다는 점에서 차이가 있다.

천안함의 폭발 현상은 수중폭발에 의한 충격파와 버블효과로 인해 함정이 절단된 전형적인 현상을 보여주고 있다. 따라서 부유기뢰 및 계류기뢰로 인한 접촉폭발이 발생하였을 가능성은 없으며, 비접촉 계류기뢰에 의한 수중폭발은 천안함 파괴 형상과 유사하므로 그 가능성을 배제할 수 없으나 계류기뢰 운용시 3~5 kts의 빠른 유속, 4 m 이상의 조수간만의 차, 47 m의 깊은 수심 등의 사고지점의 환경조건은 큰 장애요인으로 작용하며, 계류기뢰 폭발 후 남게 되는 앵카 및 계류색이 발견되지 않은 점 등을 고려하면 비접촉식 계류기뢰에 의한 폭발 가능성은 없다.

2) 어뢰

어뢰는 접촉 및 비접촉 폭발이 가능한 무기체계로 접촉 또는 비접촉 폭발 현상은 기뢰의 접촉 및 비접촉 폭발 현상과 동일하다.

접촉어뢰의 경우는 선체 파공, 내부의 화재흔적, 어뢰파편 등이 발견되어야 하나 이를 뒷받침할 수 있는 어떠한 현상도 확인되지 않았다.

천안함은 가스터빈실 좌현 선저 아래 수중에서 우현 상방향으로 압력이 지향되면서 절단되었고, 옹골과 파단면이 상방향으로 꼬이면서 찢어져 올라갔다. 늑골과 보강재가 압력에 의해 움푹 패었으며, 좌현 측 전선은 단순하게 절단된 반면 우현 측은 장력에 의해 찢어졌고, 선저 부분에서는 광범위하게 국부적으로 페인트가 벗겨진 현상이 발견되었다.

결론적으로 폭발물은 정확히 함 중앙에 유도되어 가스터빈실 좌현 3 m 아래에서 근접폭발하였고, 폭발시 발생한 충격파와 버블효과에 의해 선체가 절단되는 현상이 발생하였다. 따라서 비접촉 어뢰에 의한 피격 가능성이 가장 높다.

3. 비접촉 어뢰폭발 판단 근거

3.1 선체 형상 분석

천안함의 전장은 88.32 m로 절단된 함수와 함미에 대해 3D 사진 촬영을 통하여 정밀계측하고, 선체조사를 통하여 실측한 결과 선체는 가스터빈실 중간 부분인 좌현 47.6 m, 우현 45.4 m 지점이 절단된 상태였다.



그림 2 천안함의 전체 형상

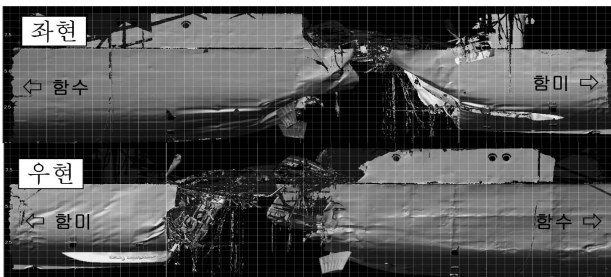


그림 3 절단부위 선체 변형 형상

절단된 함수와 함미를 선체 원형대로 맞추었을 때 좌현의 경우 함미 선저 일부를 제외한 외판부의 길이가 함수 50.32 m, 함미 38 m로 떨어져 나간 부분 없이 절단된 형태였으나, 우현의 경우에는 함수 47.2 m, 함미 33.32 m로 약 7.8 m가 떨어져 나간 것을 확인하였다. 떨어져나간 부분은 주갑판의 소자정비실, 상사식당, 기관조종실, 건조물창고, 승조원식당 조리실 및 O-1 deck의 연돌과 디미스트, 하푼유도탄 등으로 가스터빈실 중심을 상·하단 부분에 국한되어 떨어져 나갔음이 확인되었다.

그림 3에서 보는 바와 같이 함수와 함미의 선저 부분이 압력에 의해 아래쪽에서 위쪽으로 꺾어 올라갔으며 좌현 절단부위는 상단쪽으로 꺾이고 밀려 올라갔고, 우현 절단부위는 가스터빈실 전·후방 격벽을 기준으로 뜯긴 형태로 떨어져 나갔다.

함수와 함미 선저가 아래쪽에서 위쪽으로 꺾었다는 것은 선저 밑에서 수중폭발이 있었다는 것을 의미한다. 좌현 절단부위가 위쪽으로 꺾이고 우현 절단부위가 뜯겨 나간 것, 그리고 용골이 좌에서 우로 뒤틀린 것은 폭발방향이 좌현 하단부에서 우현 위쪽방향으로 진행되었고, 가스터빈실이 떨어져 나갔다는 점은 선체 진행방향을 고려할 때 폭발원점이 함수쪽 가스터빈실 좌측 하단부였다는 사실을 확인하였다.

3.2 흔적 분석

흔적 분석은 형상 분석과 달리 선체에 나타난 밀리고 눌리고 잘리고 긁힌 것과 같은 미세한 흔적을 통하여 선체를 파괴한 원인을 규명하는 것으로 흔적의 모양을 통해 폭발, 충격 등 외력의 종류를 판단하고 흔적의 위치를 통하여 외력의 발생원점을 파악할 수 있다.

그림 4에서 보는 바와 같이 좌현 함안정기는 아랫면과 좌·우 측면이 찌그러지면서 찢어진 압력흔이 있었고, 함수 절단면 용골 우측 선저면에서 강력한 수중 압력파에 의해 발생한 것으로 보이는 압력흔이 발견되었다. 또한 함수 절단면 주변 선저부분이 강한 수압에 의해 '골' 형태로 페인트가 긁혀 벗겨진 버블흔이 발견되었으며, 절단면의 단락된 전선들은 열에 녹는 등의 흔적 없이 강력한 힘에 의해 절단되었고, 함미 절단면인 가스터빈실 후방 격벽보강재가 이상단으로 밀린 흔적과 뜯긴 흔적을 확인하였다. 이러한 압력흔, 수압흔, 버블흔, 절단흔, 밀리고 뜯긴 흔적들은 수중폭발에 의한 충격파 및 버블효과에 의해 나타난 현상으로 판단하였다.

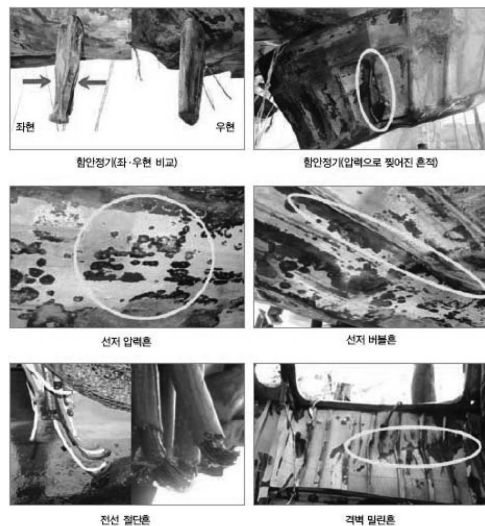


그림 4 흔적 분석

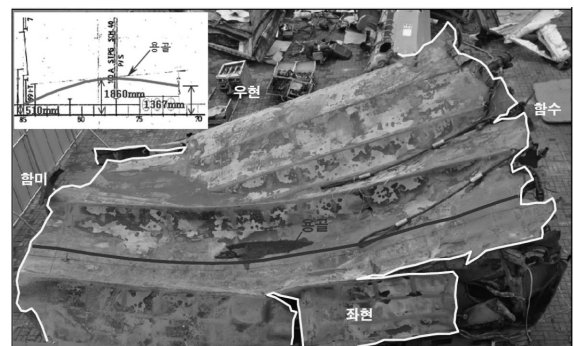


그림 5 가스터빈실 선저 외판

그림 5는 선체에서 떨어져나간 가스터빈실 구역으로 선체 용골이 구형의 압력을 받아 활모양으로 심하게 변형되어 있어 수중폭발에 의한 손상임을 명확히 보여 준다.

3.3 폭약성분 분석

폭약성분은 함수 절단부위, 연돌, 가스터빈실, 해역 및 해저 수거물 등에서 검출되었으며 HMX는 28개소에서 527.91 ng, RDX는 6개소에서 70.59 ng, TNT는 2개소에서 11.7ng이 검출되었다. 먼저 함수 절단부위에서는 1st Platform 끈 멍치, 외판 흡수선 부위 부착물질 등에서 HMX가 검출되었고 안정기 부근 부착물질 및 외판 흡수선 부위 부착물질에서 RDX, TNT가 검출되었다.

폭발압력이 분출되어 유실되었던 연돌부위와 폭발압력을 직접적으로 받아 파괴되어 유실되었던 가스터빈실에서는 천장 플라스틱 조각 등에서도 폭약성분이 검출되었다.

탐색 및 구조 활동과 쌍끌이 어선을 활용한 해저 증거물 수거작전을 통해 수거된 가방, 금속 등에서 HMX가 검출되었고 가방과 폭발원점 지역 모래에서 RDX가 검출되었다.

이를 종합적으로 분석해 볼 때 폭발지점에서 가까운 함수 좌현, 연돌, 가스터빈실, 해저지역에서 폭약성분이 검출되었고 스펀지, 섬유, 석면 등 흡착이 용이한 물질에서 검출되었다는 사실과 함께 HMX, RDX, TNT가 혼합된 폭약이 들어 있는 수중무기에 피격되어 침몰하였다는 것을 확인할 수 있다.

3.4 결정적 증거물

결정적 증거물인 어뢰 추진동력장치 수거는 쌍끌이 어선과 특수 제작된 그물을 이용하였다. 특수제작된 그물은 그물코 격자 크기가 가로, 세로 각각 5 mm이고 가로 60 m, 폭 25 m, 높이 15 m, 무게 5 t이며 1 mm 이상의 물건, 모래, 뽕 등에 대해 수거가 가능하였고, 운용 선박은 135 t 척(대평 11, 12호)이었다. 운용 지역은 폭발원점을 중심으로 가로·세로 500

yds를 25개 격자(20×20 yds)로 세분화하여 1일 작업지역을 명확히 설정, 누락되는 장소가 없도록 하였다.

수거한 어뢰 추진동력장치의 확인하기 위해 각국의 어뢰 제원 및 특성에 대해 조사한 결과 북한에서 해외에 수출하기 위해 제작한 CHT-02D 어뢰와 유사하다는 사실을 확인하여 설계도면을 확보, 비교 분석하였다.

그림 6에서 보는 바와 같이 모양면에서 프로펠러는 2중 5엽이고 고정타는 사선형이었으며, 상부 방향타는 직사각형, 하부 방향타는 P자형으로 설계도면과 증거물의 모양이 동일하였고, 크기 등도 설계도면과 일치한다는 점을 확인하였다. 또한 추진후부 내부에 '1번'이라 표기되어 있는 한글이 발견되었으며, '1번'이라는 한글 표기는 '03년 포항 근해에서 습득하여 보관 중인 북한 경어뢰 헤드캡 안쪽에도 '4호'라고 표기되어 있다는 점에서 표기방법이 동일하다는 사실을 확인하였다.

증거물 어뢰 추진동력장치는 북한 CHT-02D 어뢰 설계도면과 크기와 모양이 일치하며 '1번' 한글표기가 되어 있다는 점, 우리나라의 수중무기에 대한 재물조사를 실시한 결과 이상이 없는 것으로 확인된 점 등을 고려, 폭발원점 지역에서 수거한 어뢰 추진동력장치는 북한에서 제조하여 사용 중인 CHT-02D 어뢰의 잔해물로 천안함이 북한 CHT-02D 어뢰에 피격되어 침몰하였다는 사실을 증명하고 있다.

5. 결론

천안함은 어뢰에 의한 수중폭발로 발생한 충격파와 버블효과에 의해 절단되어 침몰되었으며, 폭발 위치는 가스터빈실 중앙으로부터 좌현 3 m, 수심 6~9 m 정도이며, 무기체계는 북한에서 제조, 사용중인 고성능폭약 250 kg 규모의 CHT-02D 어뢰로 확인되었다.

천안함은 수중폭발에 의해 침몰된 후 인양한 최초의 사례로 함정의 설계 및 건조시 반영을 위한 많은 연구가 필요하며 일회성이 아닌 주기적인 연구발표를 통한 함정기술 발전의 새로운 전기로 활용이 필요하다.

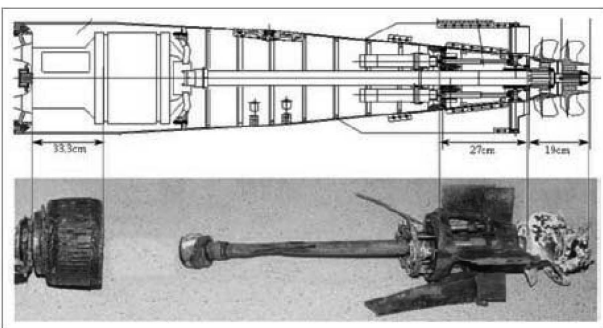


그림 6 CHT-02D 어뢰 설계도와 증거물 크기 비교



이 응 섭

- 1962년 9월생
- 충남대학교 선박해양공학 석사
- 관심분야 : 함정 수중방사소음
- 현 재 : 해군 전력분석시험평가단 대령
- E-mail : leeungsup@hotmail.com