

[특별조사 2026-001]



해양사고 특별조사보고서

- 어선 제22서경호 침몰사고 -

사고일자 : 2025.02.09.

공표일자 : 2026.03.24.



중앙해양안전심판원 특별조사부

참고사항

이 보고서는 「해양사고의 조사 및 심판에 관한 법률」 제18조의3에 따라 해양사고의 원인을 규명하고 사고 교훈을 공유함으로써 향후 유사한 해양사고 발생을 방지하기 위하여 작성되었습니다.

이 보고서에 기술된 관련 법령 및 기관 명칭 등은 보고서 작성 당시 시점을 기준으로 작성되었음을 알려드립니다.

Contents

1. 사고 개요	2
2. 사실 정보	4
2.1 선박제원	4
2.2 선박관리 및 조업	6
2.3 승선원 구성	7
2.4 대형트롤러선 어업 방식	7
2.5 해상 기상상태	8
2.6 선미 슬립웨이 도어 및 방수구	10
3. 사고 경위	13
3.1 출항 및 1차 조업	13
3.2 사고 발생	14
3.3 수색 및 구조	16
3.4 피해 사항	16
4. 사고 분석	19
4.1 항적 분석	19
4.2 출항 시 적재 상태 및 복원성 검토	20
4.3 전복사고 발생 요인 검토	24
4.4 사고 당시 선체 운동상태 분석	25
4.5 만재 상태 복원정 및 침수 영향 분석	26
4.6 전복 및 침몰 시뮬레이션	29
4.7 출항 시 만재흘수선 초과	33

4.8 선미 슬립웨이 도어 미폐쇄	35
4.9 악천후 시 항해술 부적절	37
5. 결론	39
6. 교훈사항	41
6.1 출항 전 만재흡수선 확인 및 초과 방지 철저	41
6.2 선체 복원성 확보를 위한 슬립웨이 도어 폐쇄	41
6.3 악천후 시 안전 확보를 위한 항해술 숙지 및 이행	42
7. 권고	44
7.1 어선 만재흡수선 초과 방지를 위한 관리 감독 철저	44
7.2 슬립웨이 도어 폐쇄 및 악천후 시 항해술 안전교육 강화	44

section

1

사고 개요

1. 사고 개요

- 1.1 제22서경호는 총톤수 139톤의 대형트롤어선으로, 2025년 2월 8일 12시 55분경 부산 감천항에서 선장을 포함한 14명이 승선하고 조업지인 흑산도를 향해 출항하였다.
- 1.2 이 선박이 출항할 당시 항해가 예정되는 해역에는 풍랑주의보¹⁾가 발효 중이었으며, 흑산도 서쪽 해상 조업 예정지로 가기 위해 감천항 출항 후 서쪽으로 계속 항해하였다.
- 1.3 이 선박은 출항 후 약 7시간이 지난 2월 8일 19시경 1차 투망을 하고 같은 날 23시경에 그물을 양망하여 어획물을 약 15상자 정도 잡았고, 포획한 어획물은 급속냉동실에 보관하였다. 작업한 그물은 선미 갑판 중앙에 정리하여 두었다²⁾.
- 1.4 갑판 위 그물은 다음 투망을 위해 갑판에 펼쳐두었고, 선미 끝부분까지 그물 일부를 내어 두었으며 그물이 선외로 떨어지거나 추진기에 걸리지 않도록 그물 끝단을 고정해 두었다.
- 1.5 이 선박은 이후 정상 항해를 계속하다 2월 9일 00시 42분경 속력이 약 11노트에서 7노트 이하로 급격히 떨어졌고 과도한 좌현 횡경사도 갑작스럽게 발생하였다. 침로는 약 250도 내외에서 약 075도로 크게 변화하였으며 AIS 신호는 같은 날 00시 43분경 소실되었다.
- 1.6 선체가 좌현 측으로 기울어진 뒤에는 원래 상태로 돌아오지 않았고, 넘어가는 속도는 점차 빨라졌으며, 이 선박은 좌현 경사가 발생하고 약 5분 이내에 전복된 것으로 추정된다.
- 1.7 사고 당시 선미 등에서 다량의 해수가 갑판 상으로 유입되어 거주구역 등이 침수되었으며, 복원성을 상실하고 2025년 2월 9일 00시 43분경 전복되고 곧이어 침몰한 것으로 추정된다. 사고 위치는 여수시 상백도 등대로부터 086도, 거리 약 10.8해리 떨어진 해상이다.
- 1.8 사고 발생 후 해경 등의 수색 및 구조 작업을 통해 14명의 선원 중 4명이 구조되어 생존하였다. 선장 등 5명의 한국인 선원은 구조되었으나 사망하였고 통신장을 비롯한 5명의 실종 선원은 발견하지 못하였다.

1) 남해동부안쪽면바다, 풍랑주의보 발효 2025년 2월 8일 05시, 해제 2025년 2월 9일 03시

2) 생존 선원 진술 인용

section

2

사실 정보

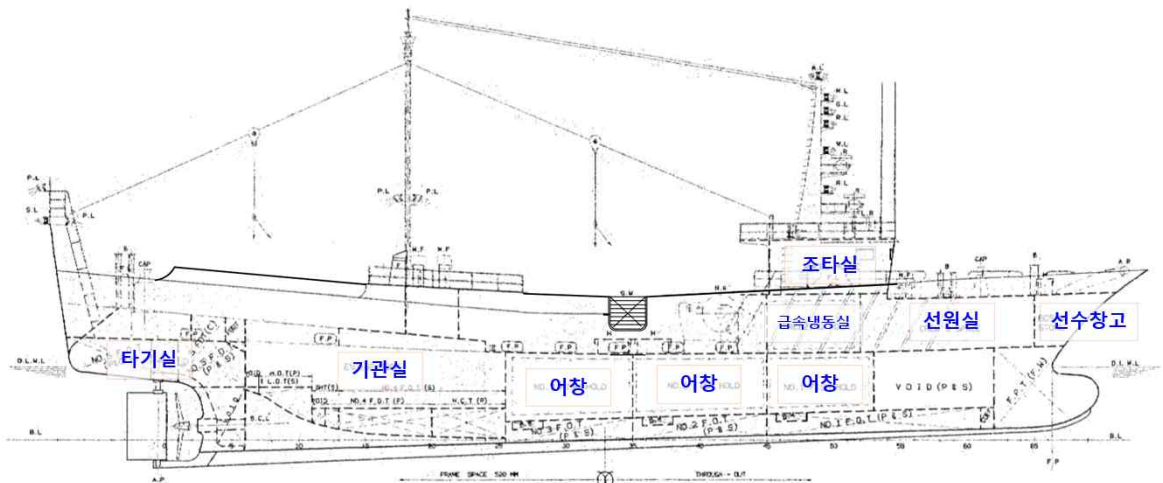
2. 사실 정보

2.1 선박제원

2.1.1 제22서경호는 대한민국 대원조선소에서 1996년 9월 18일 진수된 대형트롤어선이다. 선박의 제원은 총톤수 139톤, 길이 36.69미터, 너비 7.15미터, 깊이 3.28미터이며 최대출력 1,293킬로와트의 선박용 디젤기관 1기가 장치되어 있다.

선 명	제22서경호
국 적	대한민국
선 적 항	부산광역시
선박종류	어선(대형트롤어업)
주포획·어획물의 종류	갈치, 병어, 오징어, 고등어 등
조업구역	근해
선박소유자	문○○
최대승선인원(명)	14
조 선 자	대원조선소
진 수 일	1996년 9월 18일
선박검사기관	한국해양교통안전공단
총 톤 수(톤)	139.00
길 이(미터)	36.69
너 비(미터)	7.15
깊 이(미터)	3.28
주 기 관	선박용 디젤기관
최대출력(kW)	1,293
추 진 기	나선일체식 1기
타	1

<표 1> 제22서경호 주요 명세



〈그림 1〉 제22서경호 전경(상) 및 일반배치도(하)

2.1.2 제22서경호는 강(Steel) 재질의 선수선교형 어선이다. 이 선박의 선수로부터 선수 갑판 아래에는 선수 창고, 선원실 및 급속냉동실이 있으며 선수 갑판 중앙 위쪽에 조타실이 배치되어 있다. 상갑판 중앙부 아래쪽에 3개의 어창이 배치되어 있고, 그 뒤로 기관실이 있으며 끝단에 타기실(Steering gear room)이 있는 구조이다.

2.1.3 이 선박의 조타실에는 주요 항해 및 통신장비로 항해용 레이더(RADAR) 2대, 위성항법장치 2대(GPS Plotter), 선박자동식별장치(AIS), 중단파대 무선설비(SSB), 초단파대 무선설비(VHF) 등이 설치되어 있다.

2.2 선박관리 및 조업

2.2.1 제22서경호는 「수산업법」에 따른 대형트롤어업³⁾에 종사하는 어선으로 한국해양교통안전공단으로부터 2023년 7월 7일 제1종 중간검사를 수검하였고, 2024년 6월 11일 제2종 중간검사를 받았으며 증서는 2025년 7월 11일까지 유효하였다.

2.2.2 제22서경호의 모항은 부산 감천항으로 주로 서해 또는 제주도 인근 먼바다에서 2일 내지 3일 정도 조업한 후 감천항으로 입항하여 어획물을 하역하고, 2일 내지 일주일 정도 쉬는 일정으로 조업하였다. 주로 포획하는 어종은 갈치, 병어, 오징어, 고등어 등이었다.



<그림 2> 대형트롤어선의 주요 조업장비(국립수산물연구원 자료 활용)

2.2.3 이 선박의 갑판에는 그물의 양망과 투망 및 인망에 필요한 트롤 윈치(Trawl winch)가 설치되어 있으며, 양망과 투망 과정에서 어구 조작 등에 사용되는 트롤 포스트(Trawl post)가 갑판 중앙에 있다.

2.2.4 선미 쪽에는 어구 인양 시 힘을 받쳐 주는 갤로스(Gallows), 어망 및 어획물이 드나드는 슬립웨이(Slipway), 슬립웨이로 해수가 넘어오는 것을 방지하는 슬립웨이 도어(Slipway door), 인망 시 그물 입구를 넓게 벌려 펼쳐 전개시키는 전개판 등이 설치되어 있다.

3) 대형트롤어업: 1척의 동력어선으로 망구전개판(그물을 펼치기 위해 그물의 양 옆줄에 하나씩 달려 있는 방패모양의 판)을 장치한 인망을 사용하여 수산동물을 포획하는 어업(「수산업법」 시행령 제21조(근해어업의 종류)제1항제6호))

2.2.5 조타실에는 어군을 탐지하거나 어장 수심, 해저 상태 등을 측정하는 어군탐지기(Fish finder)가 2대 설치되어 있다.

2.3 승선원 구성

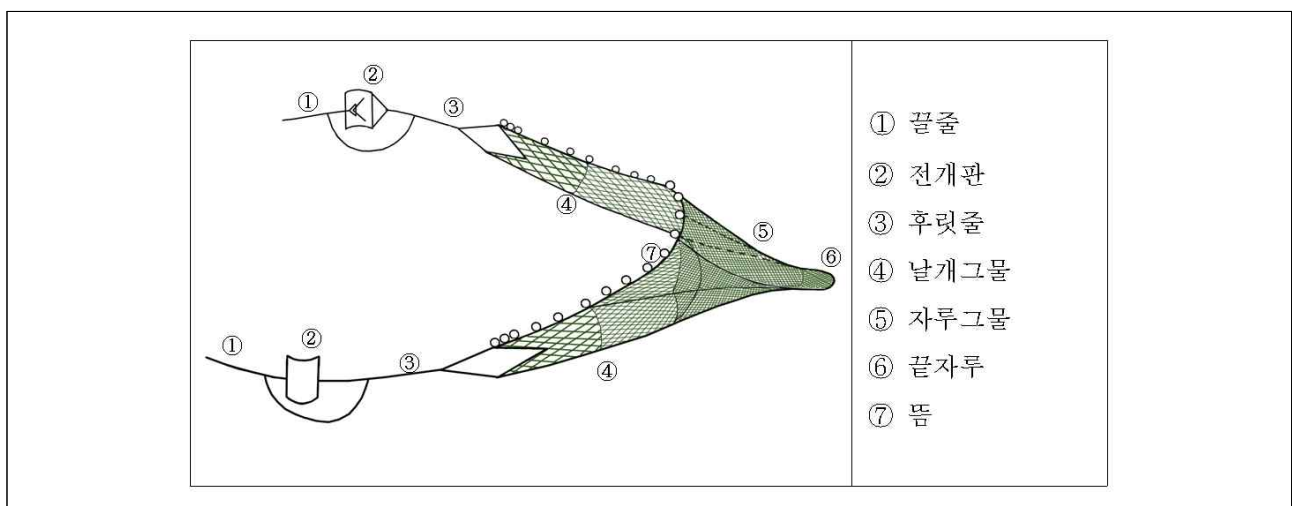
2.3.1 제22서경호에는 사고 당시 총 14명의 선원이 승선하고 있었다. 선장 및 기관장 등 한국인은 총 8명이었고 나머지 6명의 선원 중 3명은 베트남 국적, 3명은 인도네시아 국적이었다.

2.3.2 이 선박의 선장은 5급 항해사 면허를 소지하고 있으며 총 승선 경력은 약 22년이다. 선장으로 약 9년 7개월을 연근해 어선에서 승선하였으며 이 선박에는 사고 약 8개월 전인 2024년 6월 20일 승선하였다.

2.4 대형트롤어선 어업 방식

2.4.1 대형트롤어업은 어업허가를 받은 동력어선 1척이 전개판(Otter board)이 달린 자루 형태의 그물 1통을 끌어 자루그물 속으로 들어간 수산동물을 포획하는 방식이다.

2.4.2 트롤(Trawl)이라는 말은 넓은 의미에서 인망류(引網類, 끌그물 : Dragged gears) 전체를 가리키며, 일상적으로 사용하는 트롤 어업이라는 용어는 전개판을 사용하는 트롤을 말한다⁴⁾. 어구의 예망 수심에 따라 저층 트롤과 중층 트롤로 구분한다.



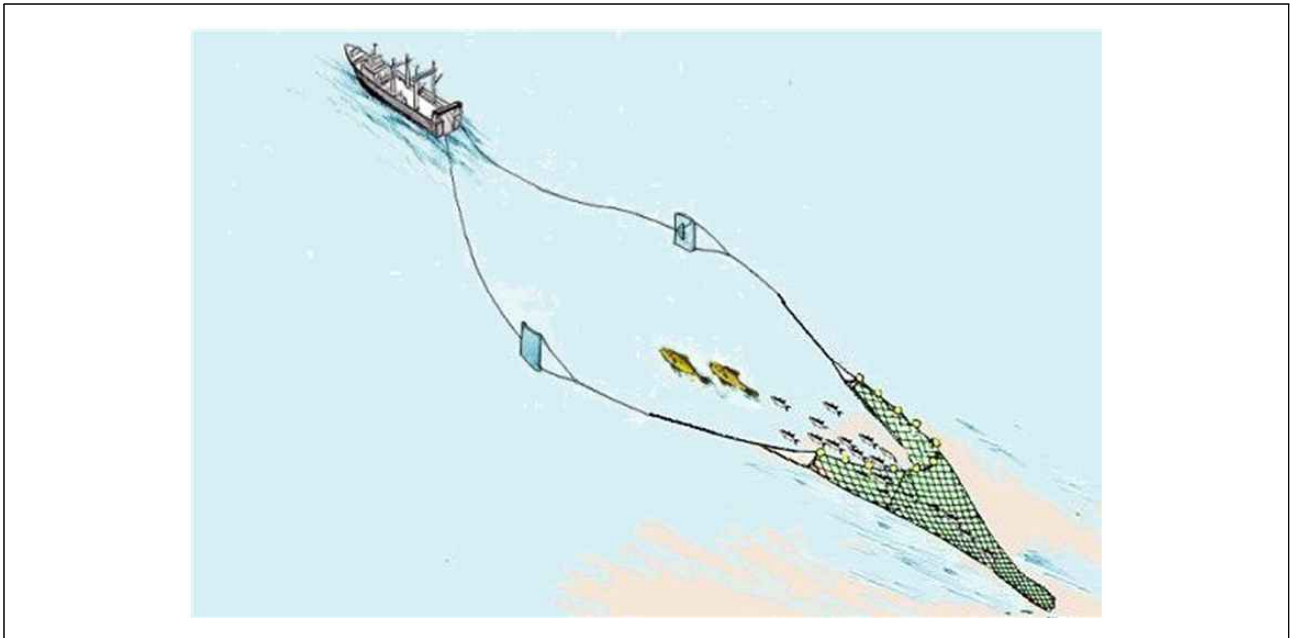
<그림 3> 대형트롤망 어구 겨냥도(수산업법 시행령 별표2 부도 바-1)

4) 우리나라 연근해 어선도감(국립수산과학원 간행물) 25쪽 인용

2.4.3 대형트롤어업에 사용되는 어구는 <그림 3>과 같이 끌줄, 전개판, 후릿줄(Sweep line), 날개그물(Wing net), 자루그물(Bag net), 끝자루(Wrap) 및 뜸으로 구성되어 있다. 조업은 투망, 인망(끌기) 및 양망(그물 올리기) 순으로 진행된다.

2.4.4 우선 자루그물과 날개그물, 후릿줄, 전개판, 끌줄 순서로 선미에서 투망하고, 계획된 예망 수심에서 어구를 예망한다. 예망이 완료되면 끌줄과 전개판, 후릿줄, 날개그물, 자루그물 순서로 양망하며, 어구는 선미에 있는 슬립웨이를 통해 갑판으로 인양된다.

2.4.5 그물을 끌면 전개판은 물의 저항을 받아 각각 좌우로 벌어지고 전개력이 후릿줄에 전달되어 그물의 입구가 좌, 우로 펼쳐진다. 예망 중 끌줄 및 후릿줄이 이루는 형상은 긴 다이아몬드처럼 된다.



<그림 4> 대형트롤망 조업모식도(수산업법 시행령 별표2 부도 바-3)

2.5 해상 기상상태

2.5.1 제22서경호는 2025년 2월 9일 00시 43분경 여수시 상백도 등대로부터 약 10.8해리 떨어진 곳에서 전복되었으며, 사고 당시 해상에는 풍랑주의보⁵⁾가 발효⁶⁾되어 있었다.

5) 풍랑주의보 : 해상에서 풍속 14m/s(27노트, Beaufort scale 7) 이상이 3시간 이상 지속되거나 유의파고가 3m 이상 예상될 때

6) 남해서부동쪽먼바다, 남해동부안쪽 먼바다 풍랑주의보 발효 중, 2025년 2월 9일 03시 00분 풍랑주의보 해제

2.5.2 이 선박의 사고 발생 지점 인근에 있던 기상청의 거문도, 통영 해양기상부이 관측값⁷⁾은 아래의 <표 2>, 해양기상부이의 위치는 <그림 5>와 같다.

	풍향	파향	풍속	파고
거문도	북북서	북북서	10.6~10.8m/s, 최대순간풍속 15.1m/s	유의파고 1.5~1.6m, 최대파고 2.5m
통영	북북서	북서	5.9~7.4m/s, 최대순간풍속 9.8m/s	유의파고 1.2~1.3m, 최대파고 1.3m

<표 2> 해양기상부이 관측자료(2025년 2월 9일 00시부터 01시 기준)



<그림 5> 사고 발생 지점 인근 해양기상부이 위치

2.5.3 2025년 2월 9일 00시부터 01시까지의 사고 인근 해양기상부이 관측값 중 사고 위치와 가장 가까운 거문도 기상부이의 관측값을 살펴보면 당시 해상에는 약 10.6 내지 10.8m/s의 북북서풍이 불었다.

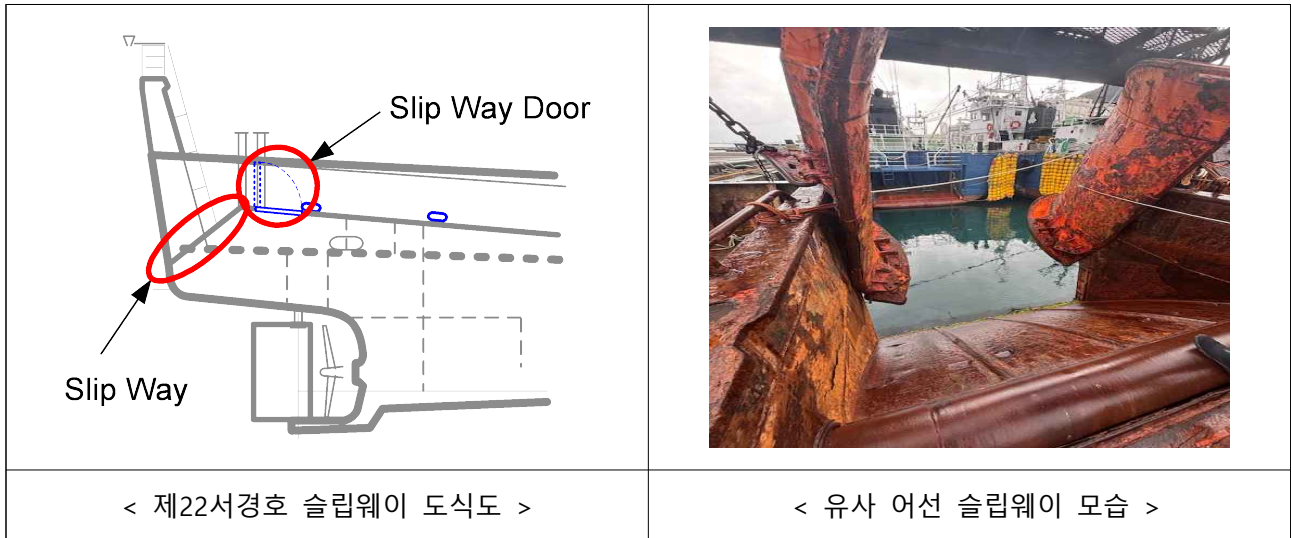
2.5.4 또한 순간풍속은 최대 15.1m/s까지 불었으며, 유의파고는 약 1.5 내지 1.6미터, 파향은 북북서쪽이며 최대파고는 2.5미터로 추정된다.

2.5.5 사고 당시 해양경찰 경비정이 확인한 현지 해상 기상도 북서풍 약 10 내지 12m/s, 파고는 약 2미터로 기상청 해상기상부이 관측값과 크게 다르지 않음을 확인할 수 있었다.

7) 기상청 날씨누리(www.weather.go.kr), 해양기상정보포털, 기상자료개방포털, 해경수사자료 등 참조

2.6 선미 슬립웨이 도어 및 방수구

2.6.1 대형트롤어선의 선미에는 어망을 끌어올리기 위한 슬립웨이가 설치되어 있다. 제22서경호의 슬립웨이 도식도와 유사 어선에 설치된 슬립웨이의 모습은 다음 그림과 같다.



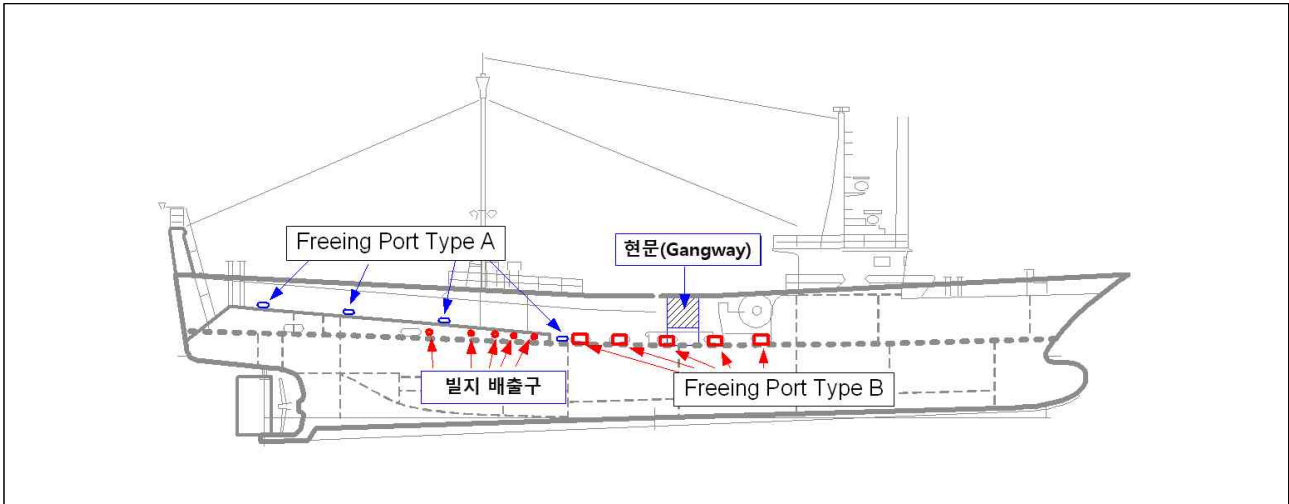
<그림 6> 제22서경호 슬립웨이 도식도 및 유사 어선 슬립웨이 모습

2.6.2 슬립웨이와 함께 이곳을 통해 해수가 넘어오는 것을 방지하고 선체 복원성을 확보하기 위한 목적의 슬립웨이 도어(Slipway door)가 설치되어 있다. 유사 어선에 설치된 슬립웨이 도어의 모습은 아래 그림과 같다.



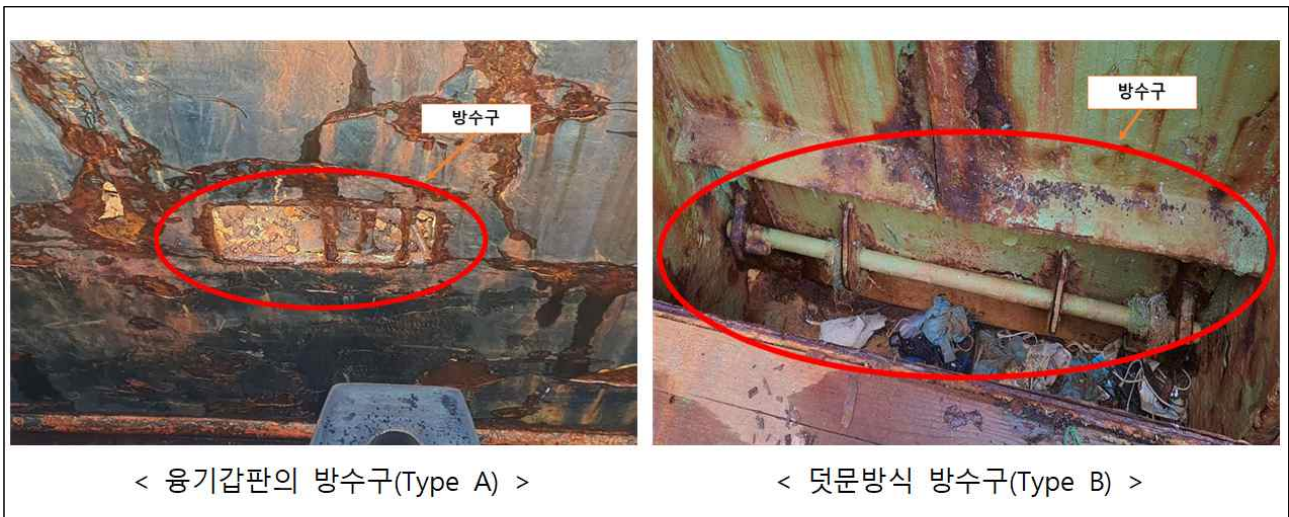
<그림 7> 유사 어선의 슬립웨이 도어 및 선미 갑판

2.6.3 방수구(freeing port)는 어선의 갑판 또는 웰⁸⁾에 고인 해수를 신속하게 선외로 배출하는 구조물로⁹⁾ 이 선박의 방수구 위치는 아래 그림과 같다.



<그림 8> 제22서경호의 방수구 위치

2.6.4 용기갑판에 있는 방수구(Freeing Port Type A)는 총 4개가 좌, 우현에 있다. 덧문 형식의 방수구(Freeing Port Type B)는 상갑판 중앙부에 5개가 배치되어 있으며 유사 어선에서 같은 형태의 방수구 모습은 아래 그림과 같다.



<그림 9> 유사 어선의 방수구 모습

8) 어선구조기준 제5조(정의) “웰”이란 폭로갑판과 불워크 또는 선루 및 불워크로 둘러싸여 있는 부분으로서, 배의 운항 중 횡요와 종요에 따른 갑판 상에 물이 다량으로 고일 수 있는 장소를 말한다.

9) 어선구조기준 제349조(일반) ① 견현갑판 또는 선루갑판의 노출부의 불워크가 웰을 형성하는 경우에는 갑판부터 신속하게 방수하기 위한 충분한 방수구를 설치해야 한다.

section

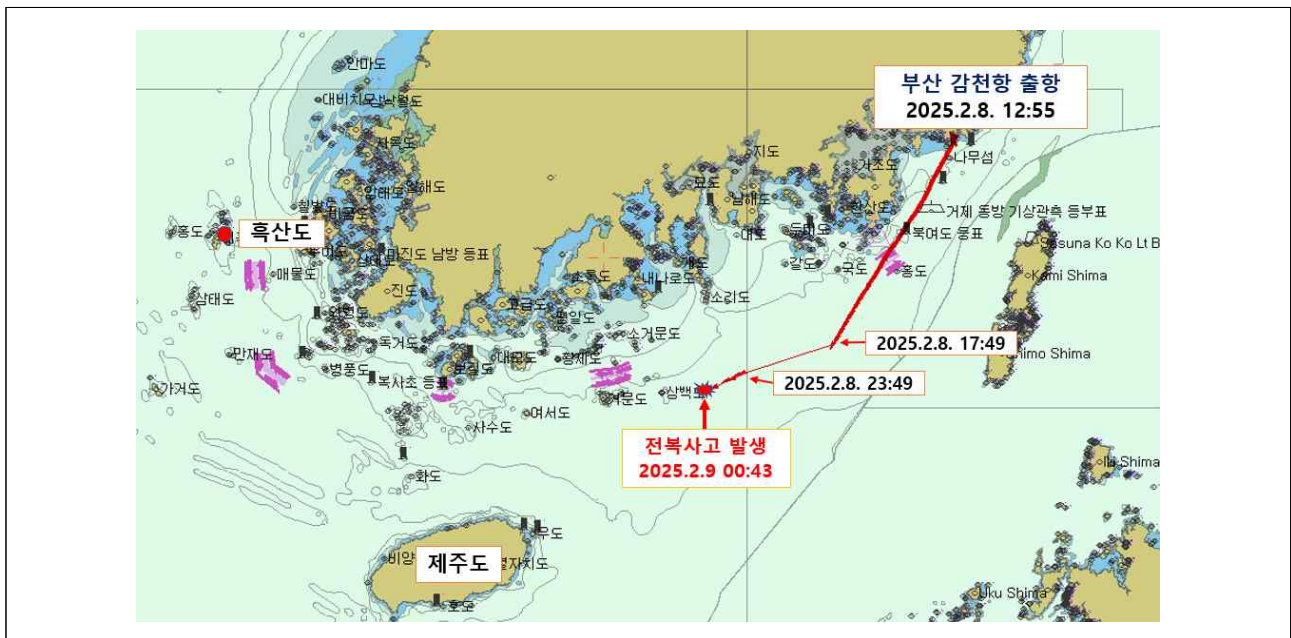
3

사고 경위

3. 사고 경위

3.1 출항 및 1차 조업

3.1.1 제22서경호는 2025년 2월 8일 12시 55분경 부산 감천항에서 선장을 포함한 14명이 승선하고 출항하였다. 이 선박은 흑산도 서쪽 해상 조업지로 가기 위해 출항 후 서쪽으로 항해를 계속¹⁰⁾하였으며, 이 해역에는 풍랑주의보¹¹⁾가 발효 중이었다.



<그림 10> 출항 시부터 사고 시까지의 항적

3.1.2 이 선박은 출항 후 약 7시간이 지난 2월 8일 19시경 1차 투망을 하였고 같은 날 23시경에 그물을 양망하여 어획물을 약 15상자(한 상자는 약 25kg) 정도 잡았다.

3.1.3 포획한 어획물은 급속냉동실에 보관하였고, 작업에 사용한 그물은 윈치를 사용하여 끌어 올려 선미 중앙에 정리하여 두었으나 다음 조업을 위해 갑판에 펼쳐두었던 상태였다.

10) 이 선박의 AIS 신호는 부산 감천항 출항 후 2025년 2월 8일 17시 49분경까지 수신되고 있으나 이후 같은 날 23시 49분경까지 약 6시간 동안의 AIS 신호가 확인되지 않음

11) 남해동부안쪽먼바다, 풍랑주의보 발효 2025년 2월 8일 05시, 해제 2025년 2월 9일 03시

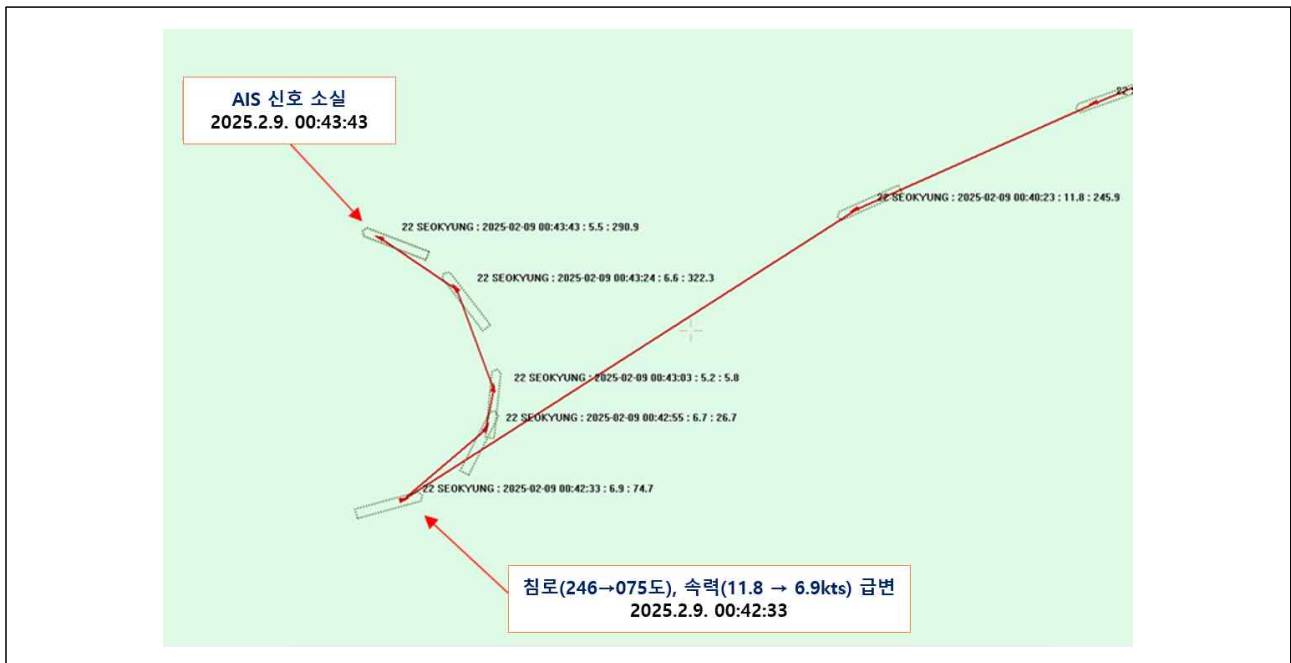
3.1.4 또한 선미 끝부분까지 그물 일부를 내어 두었으며 그물 끝단은 체인을 걸어 고정¹²⁾시켰고, 조업 시 그물을 수평으로 벌려주는 역할을 하는 전개판은 갈고리를 구멍에 걸어 고박하였다는 생존 선원들의 진술이 있었다.

3.2 사고 발생

3.2.1 이 선박은 1차 조업 이후 서쪽으로 항해를 계속하였다. 바람이 많이 불고 높은 파도로 인해 선체 동요는 있었으나 통상 기상이 좋지 않은 상황의 항해와 크게 다르지 않았다¹³⁾.

3.2.2 이 선박은 2월 9일 00시 40분경까지는 정상적으로 계속 항해하다, 00시 41분경 과도한 좌현 횡경사가 갑자기 발생한 것으로 추정된다.

3.2.3 같은 날 00시 42분경에는 속력이 약 11노트에서 7노트 이하로 급격히 떨어졌으며 침로도 약 250도 내외를 유지하다 약 075도로 크게 변하였다. 또한 AIS 신호도 같은 날 00시 43분경 소실된 것으로 확인된다.



<그림 11> 제22서경호 전복사고 발생 시 항적(AIS 항적정보 참고)

12) 생존 선원은 1차 조업에 사용한 그물의 끝부분은 선미 갑판에 약 5내지 6미터 나와 있는 상태였으며 끝부분은 고리를 걸어두었기에 선미 바깥으로 그물이 나가지는 못하는 상태였다고 진술

13) 생존 선원들의 공통된 진술

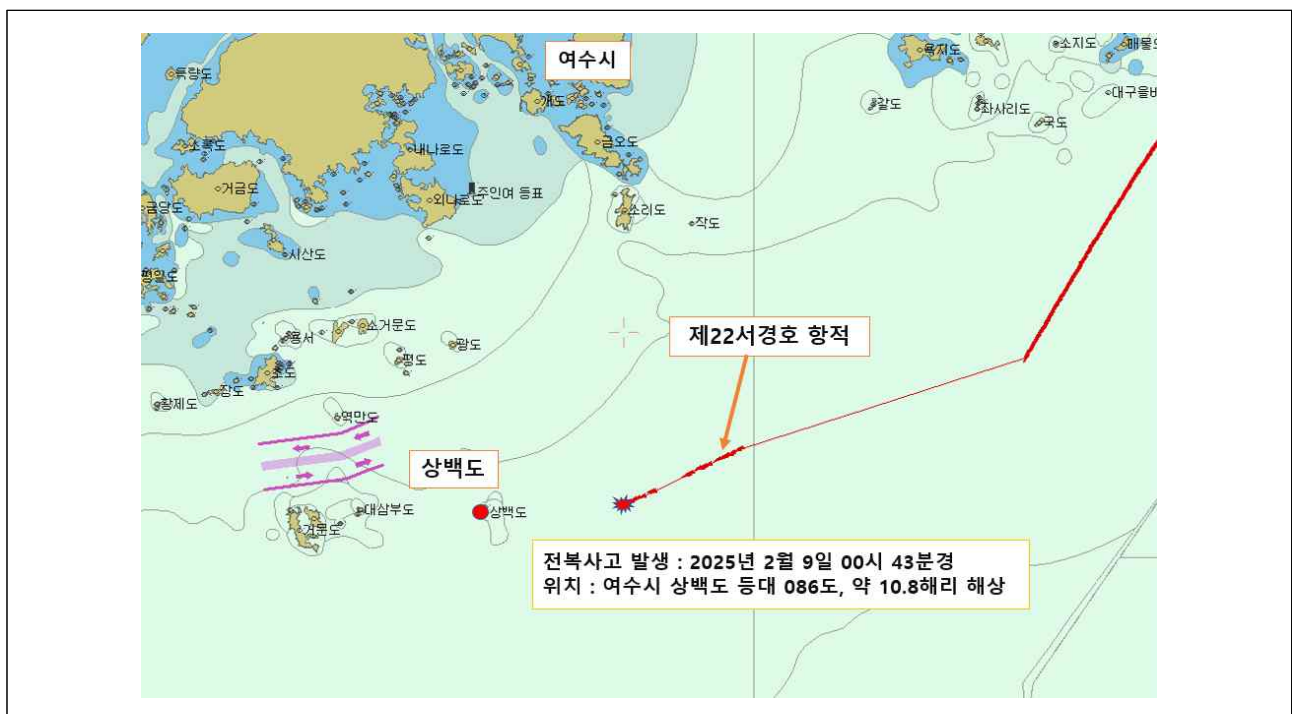
3.2.4 선체는 좌현 측으로 기울어진 뒤 원래 상태로 돌아오지 않았고, 넘어가는 속도는 점차 빨라졌으며, 이 선박은 좌현 경사가 발생하고 약 5분 이내에 전복된 것으로 추정된다.

3.2.5 거주구역에서 가장 먼저 나온 선원은 “침실에서 식당으로 나오니 무릎까지 물이 차 있었고 계속 물이 들어오고 있었다.”라고 하였으며, 또 다른 생존 선원은 “침실에서 나오는 동안 1분 이내에 배가 약 45도까지 기울어졌다.”라고 진술한 바 있다.

3.2.6 생존 선원이 식당을 지날 때 이미 해수가 차 있고 계속 해수가 들어오고 있었다는 점에서 이 선박의 상갑판에도 이미 해수가 많이 고여 있었을 것으로 유추되며, 기관실 침수 후에는 발전기도 멈추고, 엔진도 정지한 상태였을 것으로 추정된다.

3.2.7 전복 사고가 발생한 시간은 2025년 2월 9일 00시 43분경으로 추정¹⁴⁾되며, 사고 위치는 전라남도 여수시 상백도 등대로부터 086도, 거리 약 10.8해리 떨어진 해상(북위 34도 03분 58초, 동경 127도 47분 59초)이다.

3.2.8 사고 당시 해상에는 풍랑주의보가 발효 중이었고, 바람은 북북서 방향에서 최대 약 15m/s로 불고 있었으며, 파고는 최대 약 2.5미터, 시정은 약 3마일의 흐린 날씨였다.



<그림 12> 제22서경호 항적 및 사고 위치

14) AIS 신호가 소실된 2025년 2월 9일 00시 43분을 선체가 전복된 시간으로 추정

3.3 수색 및 구조

- 3.3.1 이 선박은 선체가 좌현 측으로 갑작스럽게 기울고 전복하는 과정에서 해경 등 관련 기관에 사고 발생 사실을 신고도 하지 못한 채 전복되었고, 전복 이후 얼마 뒤 침몰하였다.
- 3.3.2 갑작스러운 좌현 경사 및 침몰로 인해 이 선박의 침몰사실도 주위에서 항해하던 제9해성호가 2025년 2월 9일 01시 40분경 “제22서경호가 레이더 상에서 보이지 않고 교신에 응답하지 않는다.”라고 해경정에 확인 요청을 하면서 알려지게 되었다.
- 3.3.3 해경정은 이와 같은 사실을 같은 날 01시 41분경 여수 해양경찰서에 전달하였으며 여수 해양경찰서는 제22서경호의 위치 소실을 확인하였다. 사고 확인 즉시 해경은 함정들을 현장으로 출동시키고 비상 대응을 시작하였다.
- 3.3.4 사고 발생 후 해경 및 해군 함정, 항공기, 관공선 및 민간 선박 등을 동원하여 해상 수색 및 구조 작업을 진행하였고, 심해잠수사를 투입하여 선내 및 수중수색을 진행하였다.
- 3.3.5 수색 및 구조 작업을 통해 구명뗏목에 올라타 있던 5명 중 외국인 선원 4명은 구조되어 생존하였으나 한국인 선장은 사망하였다. 다른 한국인 4명도 해경에 의해 구조되었으나 모두 사망하였으며, 통신장 등 나머지 6명은 실종되었다.

3.4 피해사항

- 3.4.1 이 사고로 총 14명의 선원 중 4명(베트남 2명, 인도네시아 2명)의 선원이 생존하였고, 선장 및 기관장 등 5명의 한국인 선원이 사망하였으며, 통신장 등 5명(한국인 3명, 베트남 1명, 인도네시아 1명)의 선원이 실종되었다. 선체는 전복 후 침몰하였다.

3.4.2 제22서경호에 승선했던 선원들의 구조 상황은 다음 표와 같다.

No.	성명	직책	국적	비고
1	팜 ○○	선원	베트남	생존(4명)
2	홍 ○○	선원	베트남	
3	아드리즈 ○○	선원	인도네시아	
4	아하아흐 ○○	선원	인도네시아	
5	박○○	운항장	대한민국	실종(5명)
6	양○○	선원(통신장)	대한민국	
7	장○○	기관사	대한민국	
8	전○○	선원	베트남	
9	다 ○○	선원	인도네시아	
10	김○○	선장	대한민국	사망(5명)
11	박○○	기관장	대한민국	
12	김○○	갑판수	대한민국	
13	김○○	선원(조리장)	대한민국	
14	김○○	선원	대한민국	

〈표 3〉 제22서경호 승선 선원 및 구조 현황

section

4

사고 분석

4. 사고 분석

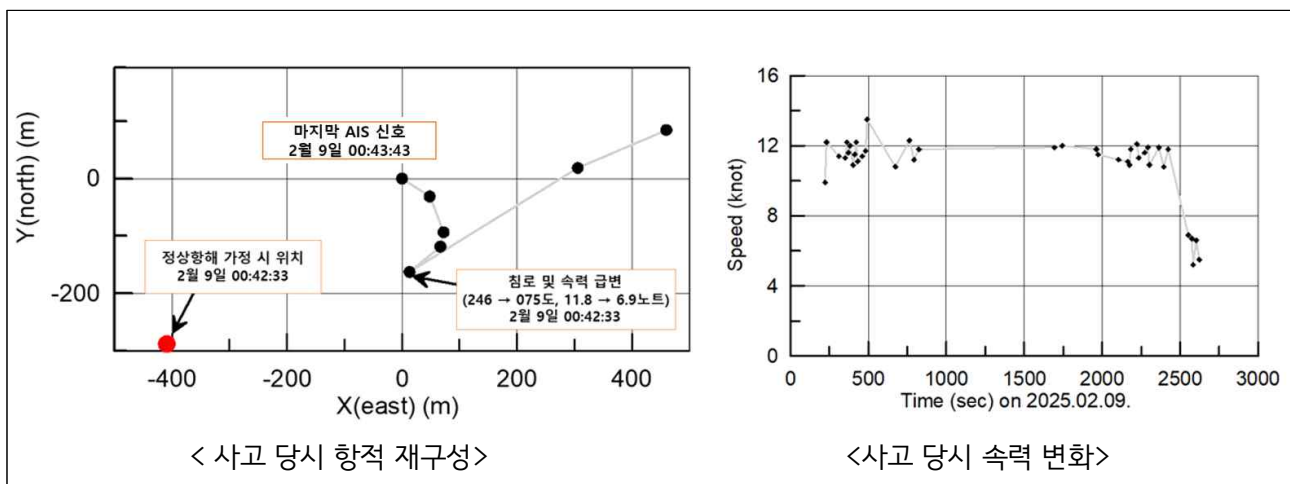
4.1 항적 분석

4.1.1 제22서경호의 사고 직전의 AIS 자료를 살펴보면 2월 9일 00시 40분 23초까지는 정상적인 항해 신호가 수신되다가 00시 42분 33초의 신호에서는 침로와 속력이 갑자기 바뀐 것으로 확인되며, 이후 약 1분 10초 후인 00시 43분 43초의 AIS 신호가 마지막 신호였다.

선박명	수신시간	속력	침로	위도_도	위도_분	위도_초	경도_도	경도_분	경도_초	
22 SEOKYUNG	2025-02-09 0:38:23	10.9	248.4	34	4	8.364	127	48	36.504	
22 SEOKYUNG	2025-02-09 0:39:23	11.9	247.2	34	4	3.4752	127	48	23.983	
22 SEOKYUNG	2025-02-09 0:39:55	10.8	250.6	34	4	1.236	127	48	17.269	
22 SEOKYUNG	2025-02-09 0:40:23	11.8	245.9	34	3	59.094	127	48	11.268	정상 항해 추정
22 SEOKYUNG	2025-02-09 0:42:33	6.9	74.7	34	3	53.215	127	47	59.863	침로, 속력 급변
22 SEOKYUNG	2025-02-09 0:42:55	6.7	26.7	34	3	54.648	127	48	1.9548	
22 SEOKYUNG	2025-02-09 0:43:03	5.2	5.8	34	3	55.458	127	48	2.1708	
22 SEOKYUNG	2025-02-09 0:43:24	6.6	322.3	34	3	57.474	127	48	1.2348	
22 SEOKYUNG	2025-02-09 0:43:43	5.5	290.9	34	3	58.489	127	47	59.359	마지막 AIS 신호, 이후 신호 소실

<그림 13> 사고 직전 제22서경호의 AIS 신호 자료

4.1.2 AIS 정보를 바탕으로 재구성한 사고 당시 이 선박의 항적과 속력 변화는 아래 그림과 같다.

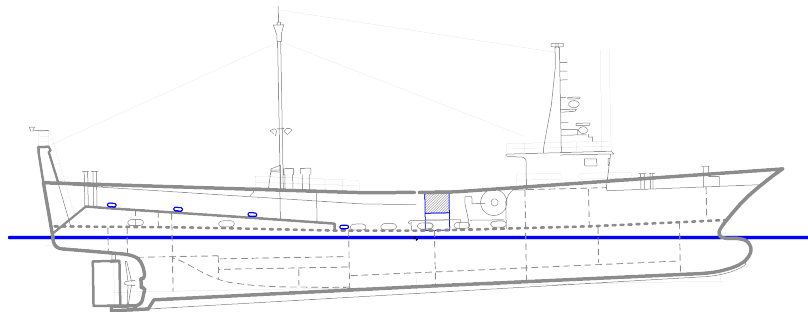


<그림 14> 제22서경호 사고 당시 항적 및 속력 변화

4.1.3 항적 자료 분석을 통해 사고 당시 이 선박은 2월 9일 00시 40분 23초까지 정상적인 항해를 하다 약 2분 10초¹⁵⁾ 후에 선속이 약 12노트에서 약 7노트로 떨어지고 침로¹⁶⁾가 약 246도에 서 약 075도로 급격하게 바뀌었다는 사실을 확인할 수 있었다.

4.2 출항 시 적재 상태 및 복원성 검토

4.2.1 이 선박의 복원성 계산서에 따른 만재상태의 적재 상태(Case A)는 아래 그림과 같다. 이 상태에서 선수 흘수는 2.498미터, 선미 흘수는 3.129미터이고, 선미 트림은 0.631미터, GM¹⁷⁾ 값은 0.925미터이다.



Item	Weight (MT)	LCG from M/S (m)	LCG-m	VCG above B.L. (m)	VCG-m	Remark
Light Ship	377.925	-2.815	-1,063.859	3.003	1,134.909	
Crew W/H 1P	0.120	7.280	0.874	6.500	0.780	
Crew U/DK 14P	1.680	14.040	23.587	4.300	7.224	
Store (BOS'N)	0.200	17.380	3.476	4.400	0.880	
Store (E/R)	0.148	-9.360	-1.385	2.100	0.311	
Prov. (Galley)	0.450	11.440	5.148	4.000	1.800	
Prov. (Store)	0.675	16.120	10.881	4.300	2.903	
OTTER Board	2.000	-21.075	-42.150	3.700	7.400	
Fish Tool	4.350	-13.000	-56.550	5.000	21.750	
Net Wire	4.560	4.420	20.155	4.800	21.888	
Winch Net	1.500	4.420	6.630	4.800	7.200	
Fish Box	0.400	5.280	2.112	2.147	0.859	
Fresh Water*	13.770	16.320	224.726	2.120	29.192	
Fuel*	93.105	1.956	182.113	1.184	110.236	
Hyd&Lub Oil*	5.609	-7.217	-40.480	1.031	5.783	
E/R Small Tnk*	2.888	-13.031	-37.634	4.082	11.789	
Total	509.38	-1.497	-762.356	2.680	1,364.904	
Displacement : 496.948 m ³						

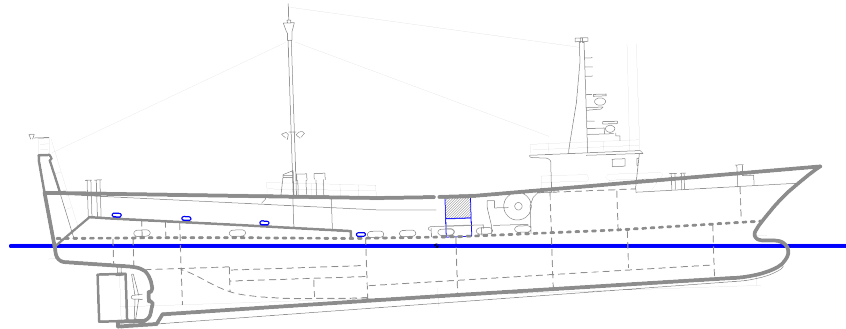
<그림 15> 제22서경호의 복원성 계산서에 따른 만재 상태(Case A)

15) 2월 9일 00시 40분 23초부터 00시 42분 33초 사이인 약 2분 10초 동안에는 수신된 AIS 신호는 없음

16) 이때의 침로는 이 선박의 선수가 가리키는 방향(방위각)이 아니라 이 선박이 움직이는 방향임

17) GM(Metacentric Height, 메타센터 높이) : 선체가 파도, 바람 등 외부의 힘에 의해 옆으로 기울었을 때, 다시 원래의 상태로 되돌아오려는 능력을 수치화한 것임, 선체의 무게중심(G)과 선박이 직립했을 때의 부력 작용선과 소각도 경사했을 때의 부력 작용선과의 교점인 경심(M, Metacenter)과의 거리를 말함

4.2.2 또한 이 선박의 적재 상태 관련 관계자 진술 자료 등을 고려한 출항 시 적재 상태(Case B)는 아래 그림과 같다. 이 상태에서 선수 흘수는 2.1656미터, 선미 흘수는 3.3188미터이고, 선미 트림은 1.1622미터, GM 값은 0.757미터이다.



Item	Weight (MT)	LCG from M/S (m)	LCG-m	VCG above B.L. (m)	VCG-m	Remark
Light Ship	377.925	-2.815	-1,063.859	3.003	1,134.909	
Crew W/H 1P	0.120	7.280	0.874	6.500	0.780	
Crew U/DK 14P	1.680	14.040	23.587	4.300	7.224	
Store (BOS'N)	0.200	17.380	3.476	4.400	0.880	
Store (E/R)	0.140	-9.360	-1.310	2.100	0.294	
Prov. (Galley)	0.225	11.440	2.574	4.000	0.900	
Prov. (Store)	0.337	16.120	5.432	4.300	1.449	
OTTER Board	2.000	-21.075	-42.150	3.700	7.400	
Fish Tool	4.350	-13.000	-56.550	5.000	21.750	
Net Wire	4.560	4.420	20.155	4.800	21.888	
Winch Net	1.500	4.420	6.630	4.800	7.200	
Fish Box	0.400	10.000	4.000	5.500	2.200	
Fish*	0.400	8.000	3.200	4.000	1.600	
Fresh Water*	10.000	16.444	164.440	1.767	17.670	
Fuel*	29.100	6.426	186.997	1.473	42.864	
Hyd&Lub Oil*	5.609	-7.217	-40.480	1.031	5.783	
E/R Small Tnk*	2.888	-13.031	-37.634	4.082	11.789	
Ice*	2.200	-1.783	-3.923	1.022	2.248	
Sea Water*	47.594	-5.646	-268.716	2.156	102.613	
Total	491.228	-2.226	-1,093.257	2.833	1,391.441	
Displacement : 479.247 m ³						

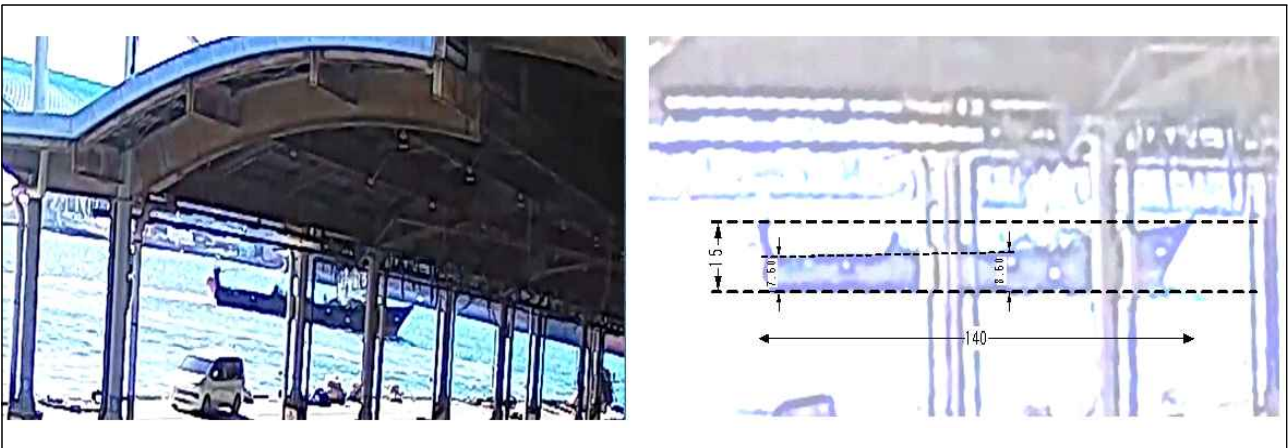
<그림 16> 관계자 진술 등에 따른 제22서경호 출항 시 적재 상태(Case B)

4.2.3 이와 같은 <그림 16>의 상황에서는 선체의 구상선수 윗부분이 약간 드러나 있고, 선미 쪽은 어망을 끌어 올리는 슬립웨이 하단이 수선면에 걸치는 상태가 된다.

4.2.4 다만 이 적재 상태는 선장 등 주요 선원이 모두 사망하거나 실종한 상황에서, 여타 관계자들의 진술들을 고려하여 추정된 값으로, 이 적재 상태가 선박이 출항할 당시의 정확한 적재 상태라고 추정하는 것에는 한계가 있다.

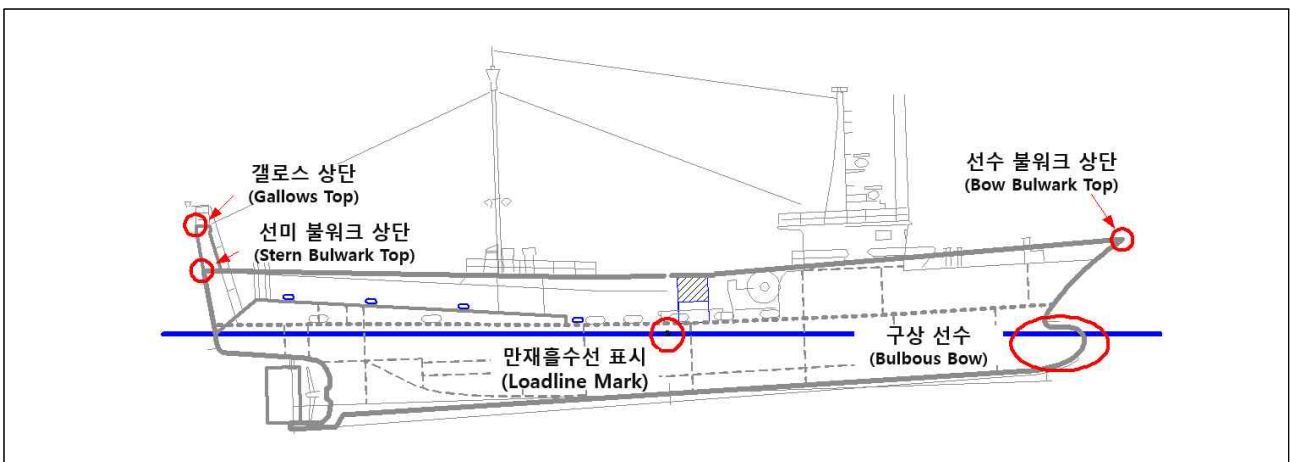
4.2.5 이에 이 선박이 부산 감천항을 출항했을 때 찍혔던 CCTV 화면을 통해 당시 이 선박이 해수면에 떠 있는 상태와 홀수를 확인하여 이를 통해 적재 상태를 역으로 계산해 보는 것도 출항 당시 이 선박의 적재 상태를 추정해 보는 유력한 방법이 될 수 있을 것이다.

4.2.6 이 선박이 출항했을 때 CCTV에 찍힌 모습은 주요 선원들이 사망 또는 실종되고 선체는 침몰한 현재 상황에서 출항 시 적재 상태 모습을 가장 사실에 가깝게 보여주는 객관적 자료로 사료되며, CCTV 영상에서 갈무리한 사진과 분석 자료¹⁸⁾는 아래 그림과 같다.



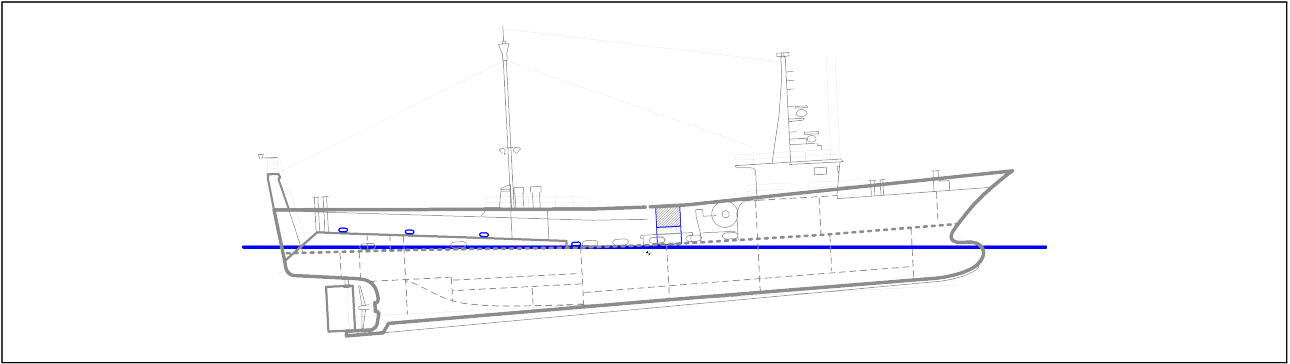
<그림 17> 제22서경호 출항 직후 모습(CCTV 화면 갈무리)

4.2.7 사진을 살펴보면 선수 불워크 상단 부위가 선미 갤로스 상단과 비교하여 약간 높거나 비슷한 모습이다. 선미부를 보면 불워크 상단선이 수면과 거의 평행한 것으로 보인다. 이러한 상태로 이 선박의 홀수를 확인하면 선수가 2.19미터, 선미는 약 4.01미터가 된다.



<그림 18> 제22서경호의 홀수 상태를 판단하기 위한 위치들

18) 제22서경호 전복사고 시뮬레이션 용역 보고서의 분석 자료 중 일부 인용

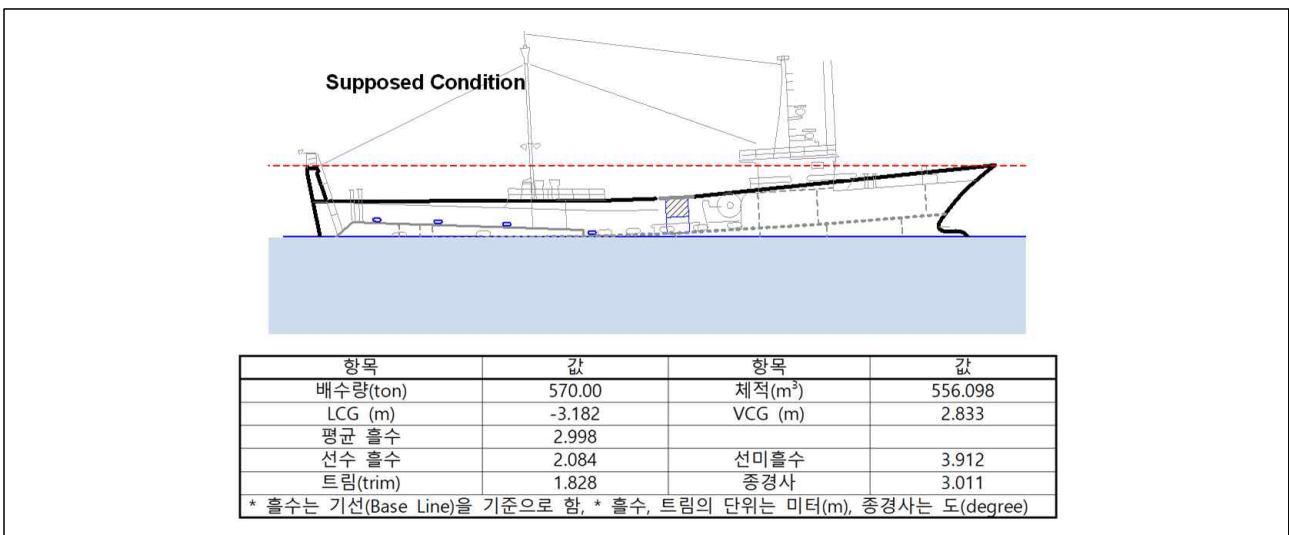


<그림 19> 제22서경호 출항 직후 CCTV 화면에 근거한 선체 상태 추정

4.2.8 위 그림은 이 선박이 출항할 당시 CCTV 자료를 토대로 추정한 선체 상태이다. 실제 출항 시 사진과 거의 비슷하게 보이며, 관계자 진술 등을 고려한 <그림 16>의 적재 상태와 비교하면 선체가 좀 더 잠긴 모습이며, 만재홀수선 표시는 해수면 하에 있는 상태이다.

4.2.9 다만 이 선박이 운항 중인 상황임을 고려하여 항주 침하¹⁹⁾ 영향으로 인해 더해진 홀수는 약 0.1미터로 계산되며 이를 제외하면 출항 전 평균 홀수는 2.998미터, 선수 홀수는 2.084미터이며 선미홀수는 3.912미터, 상당 홀수로는 3.402미터²⁰⁾로 추정된다.

4.2.10 또한 이 홀수 상태에서의 배수량은 약 570톤이고, 이 선박의 복원성 계산서에 따라 만재하였을 때의 배수량은 509.38톤으로 출항 당시 약 61톤 더 많이 실린 것으로 계산되었다.



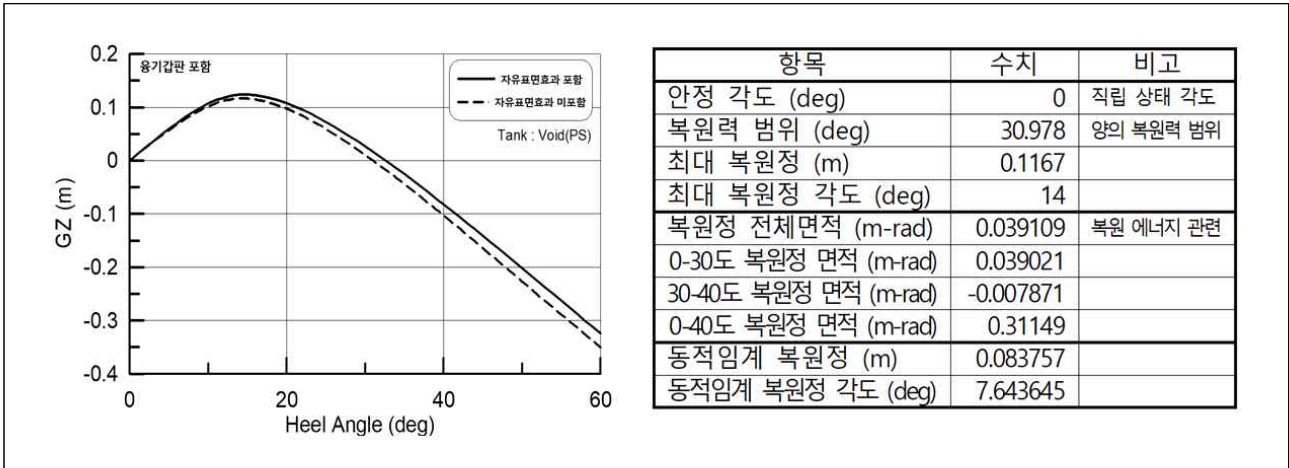
<그림 20> CCTV 화면을 바탕으로 최종 추정한 제22서경호 출항 상태

19) 항주 침하 : 선박이 항주를 하면 선체 주위에서 흐름이 발생하고 이에 따라 압력이 작아지기 때문에 선체가 잠기는 현상으로 평균적으로 선박의 최대속력일 때 홀수의 10% 정도 발생, 제22서경호 전복사고 시뮬레이션 용역 보고서 인용

20) 평균홀수(Base line based draft, 기저홀수) 2.998미터에 용골 높이 0.404를 더한 값

4.2.11 이 때 복원정 곡선 및 복원성 관련 수치는 아래 그림과 같으며, GM 값은 0.717미터로 어선 복원성 기준에 따른 규정 수치인 0.619미터를 만족시킨다.

4.2.12 그러나, 이 상태의 건현을 계산하여 보면 0.287미터로, 이 선박의 복원성 계산서에 포함된 선박 안전운항 지침서에서 요구하는 건현 수치인 0.419미터 보다 낮다. 또한 상당 흘수도 3.402미터로 지침서에서 요구하는 3.270미터를 0.132미터 초과²¹⁾한 상태이다.



<그림 21> 제22서경호의 출항 전 적재 상태 최종 추정

4.3 전복사고 발생 원인 검토

4.3.1 제22서경호는 서해안의 조업지로 항해하던 중 2025년 2월 9일 00시 43분경 전복되었다. 생존 선원들의 진술에 의하면 이 선박은 정상적으로 항해하던 중 선체가 좌현으로 급격하게 기울었으며 선체가 기울기 전 외부 충격 등 이상 징후는 없었다고 한다.

4.3.2 이 선박은 사고 발생 사실을 관련 기관에 보고하지 못했고 구조신호도 발신하지 않았으며, 선장 등 사고 발생 원인을 알 수 있는 주요 선원들은 모두 사망 또는 실종되었다. 선체도 해저 약 70미터에 침몰된 상태로 정확한 사고 원인 파악에는 한계가 있는 상황이다.

4.3.3 이에 이 선박이 전복될 수 있는 다양한 원인들을 살펴보고 개연성이 높은 원인들을 파악하여 사고 원인을 좁혀가는 방법으로 사고 발생 원인을 찾아볼 수 있을 것이다.

21) 선박안전운항 지침서에서는 “본선은 하기 건현 419MM를 지정받았으므로 어떠한 상태에서도 상당 흘수 3.270미터를 넘지 않도록 하여야 한다.”라고 규정

4.3.4 전복이 발생할 수 있는 주요 원인은 충돌, 좌초, 전타 선회, 어망 걸림, 전개판 탈락 및 복원력 상실 등이 있을 수 있다. 이 중 충돌, 좌초, 전타 선회는 급작스러운 선체의 동요가 수반되어 선원들이 쉽게 알아차릴 수 있어 이번 사고에서 발생했을 개연성은 낮아 보인다.

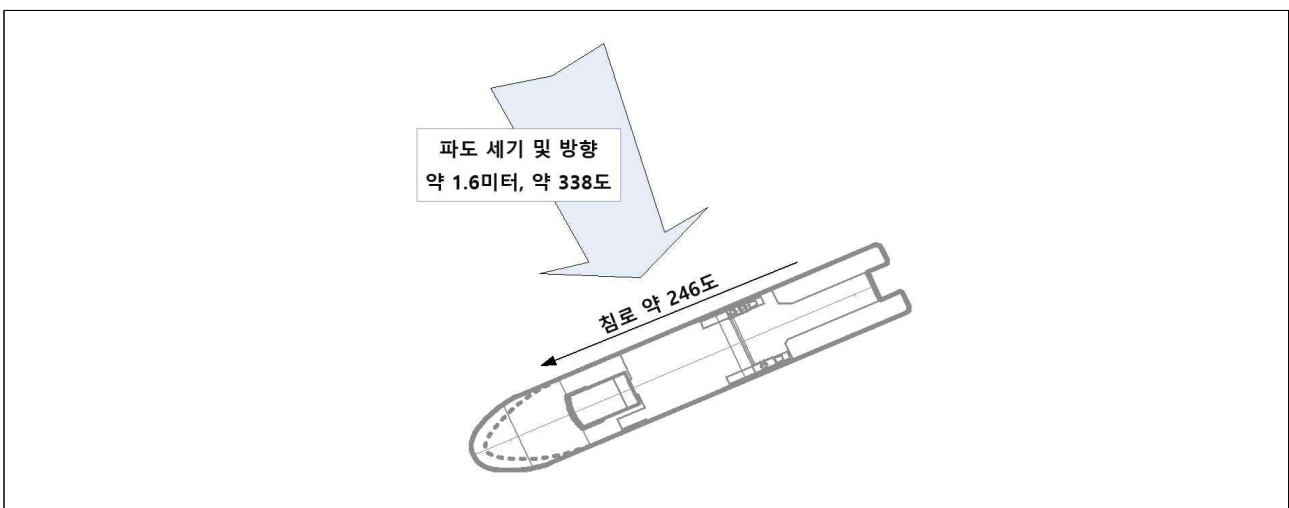
4.3.5 또한 어망 끝단을 선미 쪽으로 흘러내리지 않도록 고박하였고 전개판도 탈락하지 않도록 고박하였다는 생존 선원의 진술과 이러한 상황이 발생했을 때도 선체 진동과 동요가 크게 발생함으로 이 또한 발생 개연성은 낮을 것으로 추정된다.

4.3.6 이에 사고 당시 우현 정횡에서 바람과 파도를 받은 것에 대한 선체의 운동상태와 이 선박이 출항했을 당시 선체 복원성을 분석하고, 갑판 상 해수 침입 및 선체 침수 영향 등을 시뮬레이션하여 선체 복원성 상실 부분을 중점적으로 검토해 볼 수 있을 것이다.

4.4 사고 당시 선체 운동상태 분석

4.4.1 사고 당시 선체의 운동 상태를 분석해 보면, 이 선박의 침로와 속력이 급격하게 변하기 전인 2025년 2월 9일 00시 40분 23초경, 이 선박의 침로는 약 246도, 속력은 약 11.8노트였다.

4.4.2 앞서 2.5 해상 기상상태에서 살펴본 것처럼 당시 바람은 북북서 방향에서 약 10.8m/s의 세기로 불어오고 있었고, 유의파고는 약 1.6미터, 파향은 북북서 방향이었다. 아래 그림과 같이 사고 당시 파도²²⁾는 선체 우현 약 90도 방향에서 들어오고 있었다.



<그림 22> 제22서경호 사고 발생 당시 침로 및 파향

22) 파도는 여러 방향에서 오는 다방향성 파도일 수도 있고, 한쪽에서만 오는 단방향 파도일 수도 있음

4.4.3 파도로 인한 선체 운동을 계산²³⁾ 한 결과, 단방향성 파도일 경우 파고 약 1.6미터였을 때 횡동요 유의값은 약 3.0도이고 최대값은 약 6.0도로 나타났다. 또한 파고가 약 2.0미터였을 경우에는 횡동요 값이 최대 약 7.2도까지 발생할 수 있는 것으로 확인되었다.

4.4.4 이러한 횡동요 값은 선체를 전복시킬 만큼의 값은 아니나, 이 선박의 복원성을 악화시켜 선체 전복에 큰 영향을 주었을 것으로 판단된다.

유의파고 (m)	상하동요(Heave)		횡동요(Roll)		종동요(Pitch)	
	유의값(m)	최대값(m)	유의값(deg)	최대값 ²⁴⁾ (deg)	유의값(deg)	최대값(deg)
1.5	0.8126	1.6252	2.7384	5.4768	0.3492	0.6984
1.6	0.8658	1.7316	2.9336	5.8672	0.3562	0.7124
1.7	0.9182	1.8364	3.1228	6.2456	0.3624	0.7248
1.8	0.9700	1.94	3.2988	6.5976	0.3680	0.7360
1.9	1.0212	2.0424	3.4556	6.9112	0.3736	0.7472
2.0	1.0720	2.1440	3.6224	7.2448	0.3776	0.7552

< 단방향성 파도에서의 선체 운동 >

유의파고 (m)	상하동요(Heave)		횡동요(Roll)		종동요(Pitch)	
	유의값(m)	최대값(m)	유의값(deg)	최대값(deg)	유의값(deg)	최대값(deg)
1.5	0.6418	1.2836	1.9612	3.9224	2.2446	4.4892
1.6	0.6932	1.3864	2.1120	4.2240	2.3604	4.7208
1.7	0.7444	1.4888	2.2590	4.5180	2.4692	4.9384
1.8	0.7956	1.5912	2.3972	4.7944	2.5718	5.1436
1.9	0.8468	1.6936	2.5208	5.0416	2.6694	5.3388
2.0	0.8978	1.7956	2.6450	5.2900	2.7604	5.5208

< 다방향성 파도에서의 선체 운동 >

<그림 23> 제22서경호 사고 발생 당시 선체 운동 분석

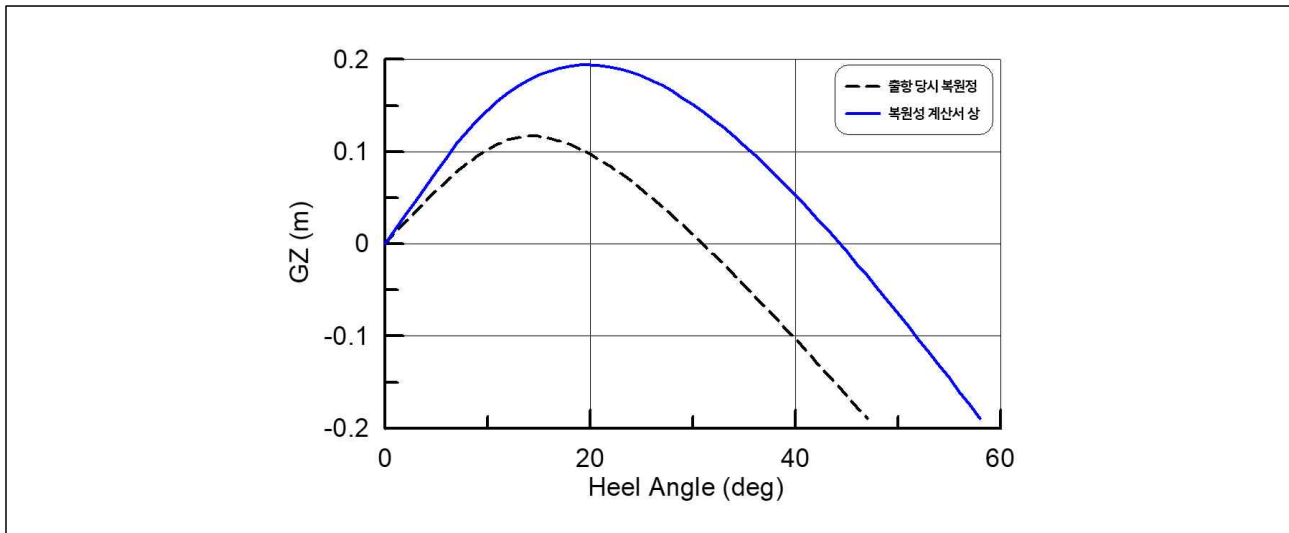
4.5 만재 상태 복원정 및 침수 영향 분석

4.5.1 앞서 4.2 출항 시 적재 상태 및 복원성 검토에서 살펴보았듯이 이 선박이 출항했을 당시 평균 흘수는 약 2.998미터, 건현은 약 0.287미터로 추정되며 이를 복원성 계산서 상 만재 상태에서의 복원정과 비교하면 다음 <그림 24>와 같다.

4.5.2 그림을 보면 이 선박은 출항 당시 복원성 계산서 상의 만재 상태일 때보다 복원정이 작아진 상태였으며 복원 에너지²⁴⁾ 또한 약 3분의 1 정도로 작아졌다는 것을 알 수 있다.

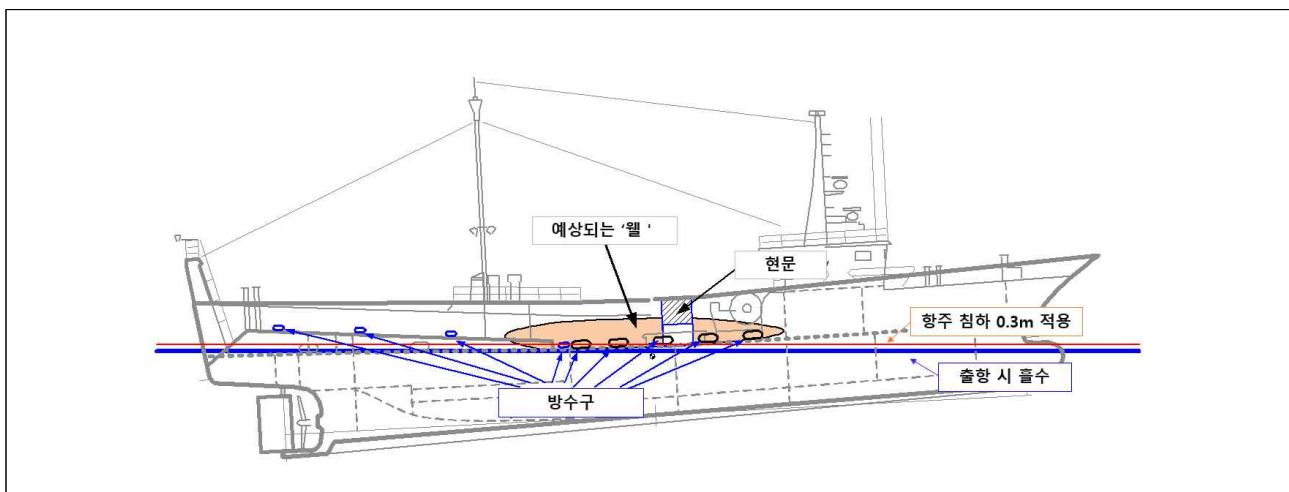
23) 제22서경호 전복사고 시뮬레이션 용역 보고서 참조

24) 복원정 곡선에서 양수 부분의 면적



<그림 24> 제22서경호의 복원성 계산서 상 만재 상태 복원정과 출항 당시 복원정 비교

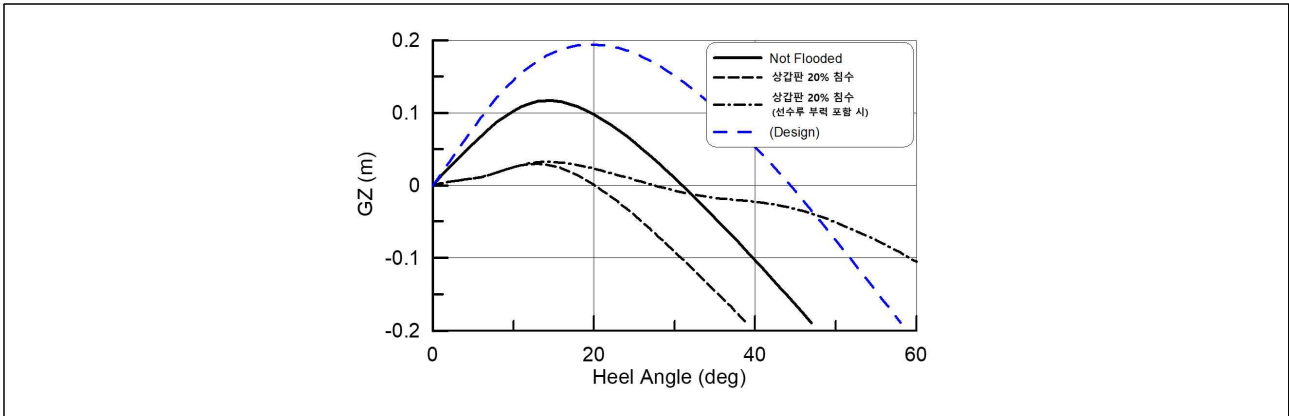
4.5.3 또한, 이 선박은 사고 당시와 같이 약 11.8노트로 운항하였으며 이에 따라 최대 약 0.376미터의 항주 침하가 발생할 수 있다. 당시 약 0.3미터의 항주 침하가 발생했다고 가정했을 경우, 선체 중앙부 상갑판 끝의 방수구 하단은 해수면 보다 낮아지는 상태가 될 수 있다.



<그림 25> 사고 당시 제22서경호의 흡수와 방수구 상태

4.5.4 이러한 상태에서 선체가 우현 정횡 방향에서 오는 파도를 받게 되면 갑판 상의 배수구를 통해 해수가 들어오고 나갈 수 있는 상태가 되고, 갑판에 들어오는 해수가 높은 파도 등에 의해 갑자기 많아지게 되면 상갑판 중앙부 웰에는 해수가 고일 수 있을 것이다.

4.5.5 상갑판에 들어온 해수가 배출되지 않고 웰을 형성하여 불워크 높이의 약 20 퍼센트 정도 까지 물이 차 있는 상황을 가정했을 때 이 선박의 복원정은 다음 그림과 같다.



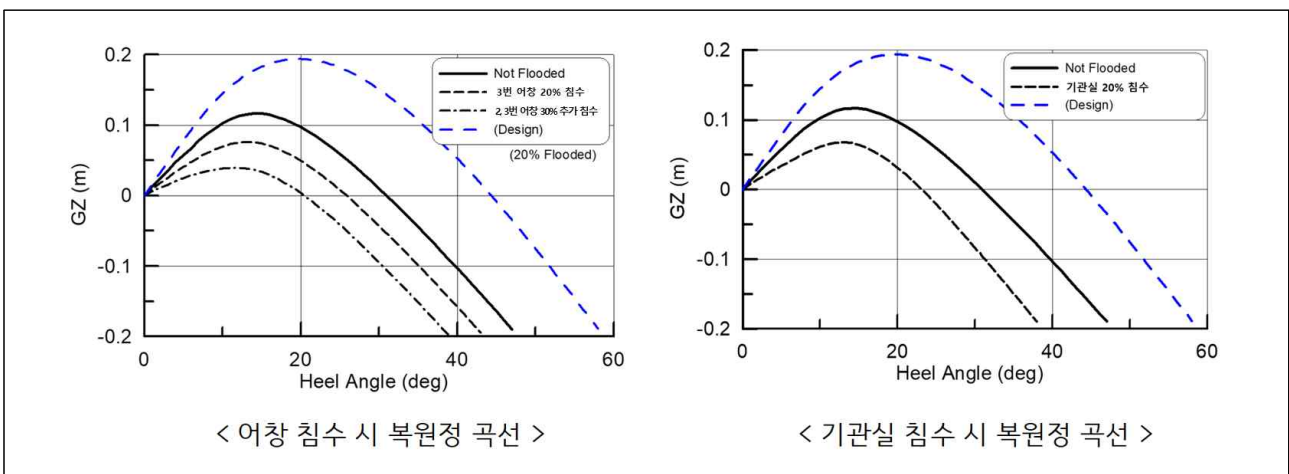
<그림 26> 제22서경호 상갑판에 해수가 찼을 때(약 20%) 복원정

4.5.6 그래프를 살펴보면 해수가 갑판 위에 고여 있는 상황에서 해수의 자유표면효과에 무게 중심이 위로 올라가는 것까지 더해져 복원성은 매우 나빠지게 되는 것으로 확인된다.

4.5.7 한편, 생존 선원은 선내 침실에서 식당을 지나 갑판으로 나올 때 이미 식당에 해수가 무릎 까지 차 있었고 조타실로 올라가려는 데 해수가 목까지 차올랐다고 진술한 바 있다.

4.5.8 이를 통해 갑판 상에 해수가 배출되지 않고 계속 쌓여갔으며 적정 한계를 넘은 뒤에는 거주구역으로 유입했을 것으로 유추되며, 선체가 좌현 측으로 기울기 시작하면서부터는 해수가 더욱 빠르게 거주구역 등 선내 구획으로 유입되었을 것으로 추정된다.

4.5.9 또한 선체가 갑자기 크게 기울면서 수밀문이 열리거나 어창의 덮개가 탈락하여 선체 구획 중 자유표면이 넓은 기관실과 어창에 해수가 유입되었을 수도 있다. 이를 가정하여 복원정을 계산해 보면 아래 그림과 같이 나타난다.



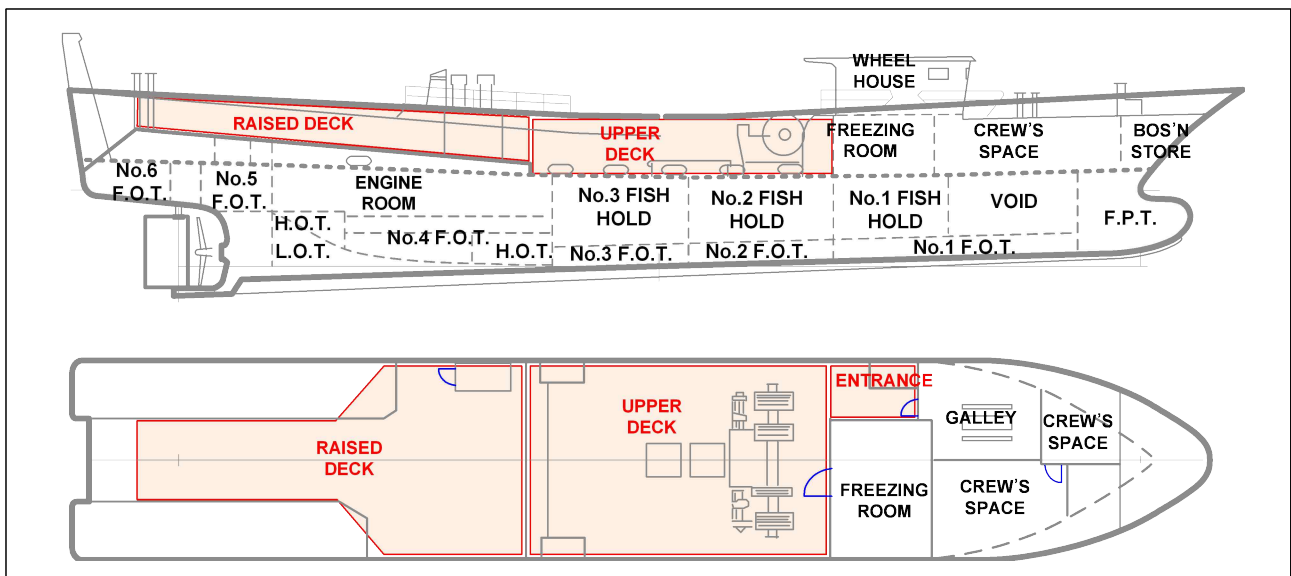
<그림 27> 제22서경호 어창 및 기관실 침수시 복원정 곡선

4.5.10 위 그림의 왼쪽 그래프는 3번 어창이 약 20 퍼센트 정도 침수되었을 때와 여기에 더해 2번 어창도 추가적으로 30 퍼센트 침수되었을 때의 상황이며 복원정은 침수 전보다 더 작아지는 것을 볼 수 있다.

4.5.11 오른쪽 그래프는 기관실이 약 20 퍼센트 정도 침수되었을 때의 상황으로 역시 침수 전보다 복원정이 작아져 선체 안정성이 나빠졌음을 확인할 수 있다.

4.6 전복 및 침몰 시뮬레이션

4.6.1 다음으로 제22서경호가 어떤 상황에서 전복이 발생하는지 전복 시뮬레이션²⁵⁾을 통해 분석²⁶⁾하였다. 시뮬레이션을 위해 선체 내부 구획과 상갑판 및 용기갑판을 모델링하였다.

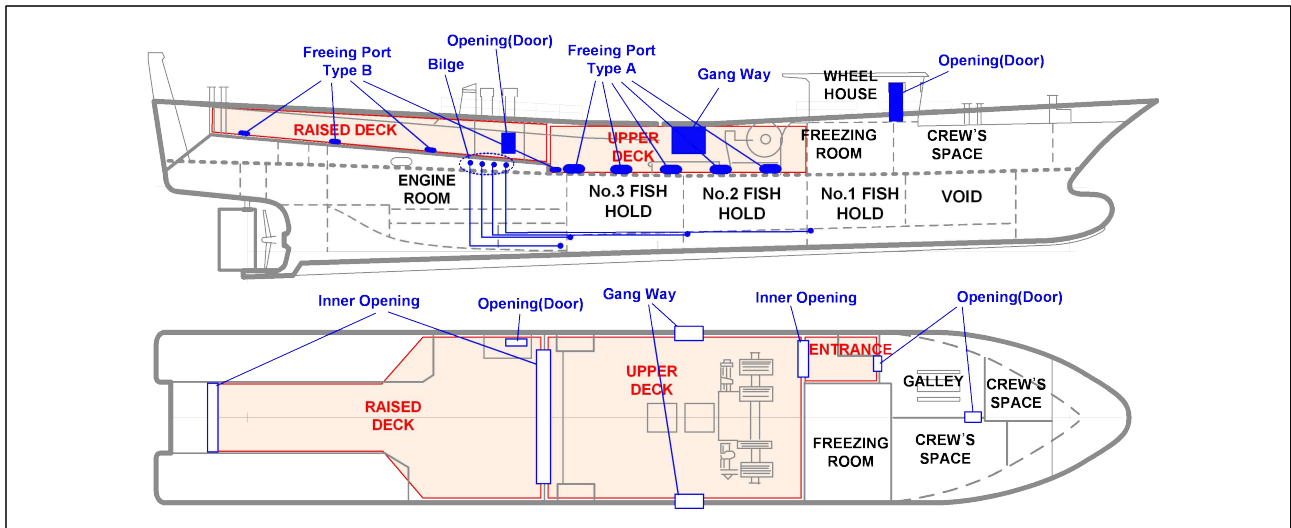


<그림 28> 제22서경호 내부 구획 및 갑판 모델링 개략도

4.6.2 선체로 해수가 유입될 수 있는 개구부는 아래 그림과 같다. 내부 구획은 문(Door)의 형태이고, 선미에는 외부에서 용기갑판으로 해수가 들어올 수 있다는 전제로 개구부를 설정하였으며, 갑판 상에서는 해수가 자유롭게 흐를 수 있다는 것을 가정하였다.

25) 기본 가정 : 사고 당시 흘수 2.998미터, 유의 파고 2.0미터의 횡파, 항주 침하 0.3미터, 갑판으로 해수 유입

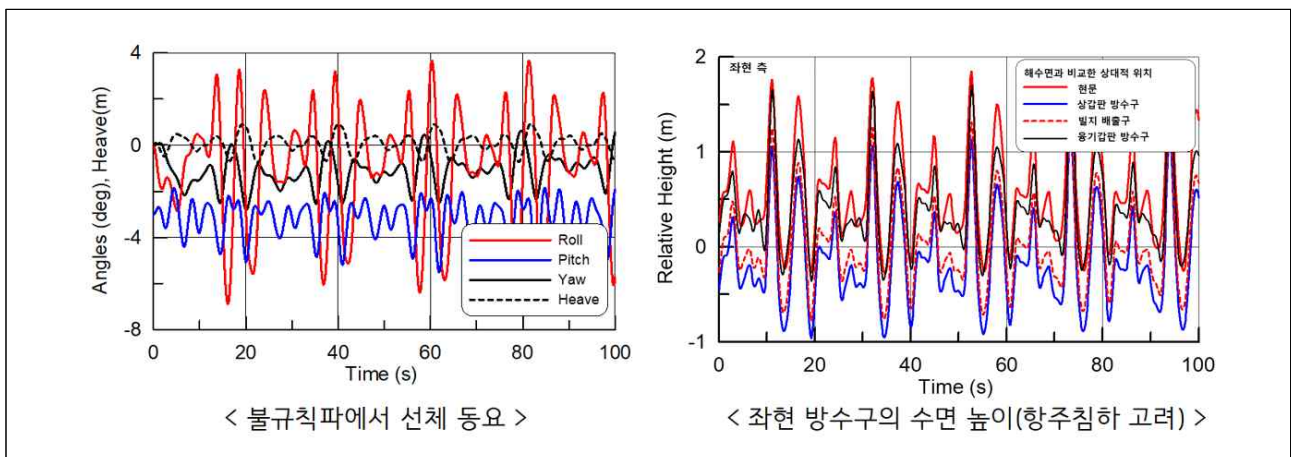
26) 해상에서의 파도는 불규칙적으로 움직임을 나타내며, 이에 얼마의 시간 뒤에 전복되는지는 확정할 수 없는 부분이라 참고로만 하고 어떤 과정을 거쳐 전복되는지 중점을 두고 분석



<그림 29> 시뮬레이션에 사용된 개구부 위치 모델링

4.6.3 먼저 선체의 운동과 방수구의 해수면과의 상대 높이를 계산하여 갑판으로 해수가 유입될 가능성이 있는지 확인하였다. 상대 높이란 해수면과 이 선박의 방수구 높이 차이를 의미하며 이 값이 양수일 경우 방수구가 해수면 보다 높은 곳에 있는 것을 의미한다.

4.6.4 아래 그림은 선체가 유의 파고 2.0미터의 상황에서, 우현 정횡 방향에서 바람과 파도를 받고 있을 때의 선체 운동과 방수구의 상대 높이를 계산한 결과이다.



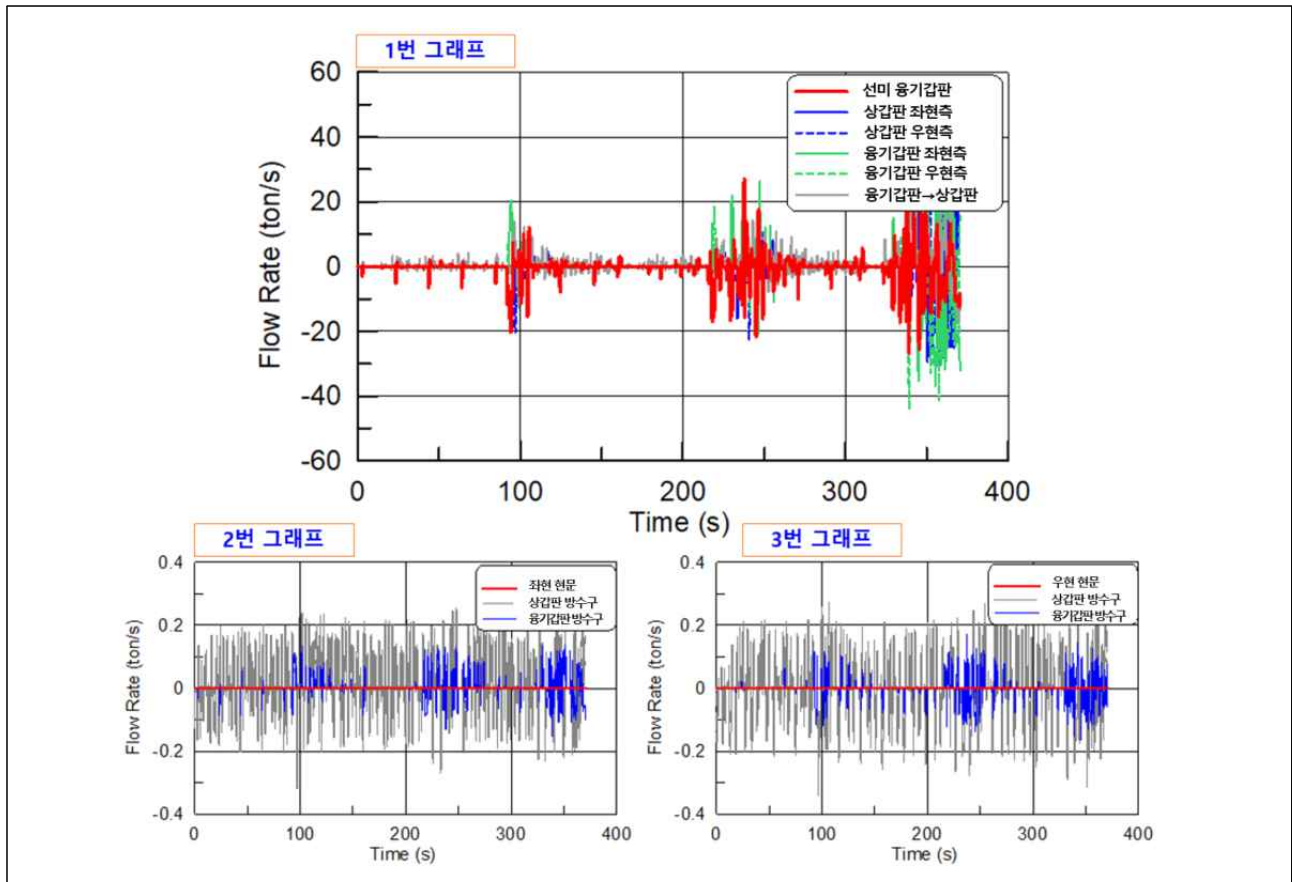
<그림 30> 선체 동요 및 방수구의 상대 높이 시뮬레이션 결과

4.6.5 선체는 우현 측에서 부는 바람의 영향으로 좌현 쪽(음수 값)으로 치우쳐서 횡동요를 하고 있는 것으로 확인되었다. 이에 좌현 쪽에서의 방수구와 해수면과의 높이를 분석해 보면 상갑판 중앙부에 있는 방수구는 해수면 밑에 있는 시간과 위에 있는 시간이 거의 동일할 정도로 해수면 위아래를 반복해서 움직이는 것으로 나타났다.

4.6.6 또한, 현문도 때때로 해수면 밑으로 내려가는 것으로 나타났으며, 이를 통해 사고 당시 많은 양의 해수가 갑판에 유입되었을 것으로 추정된다.

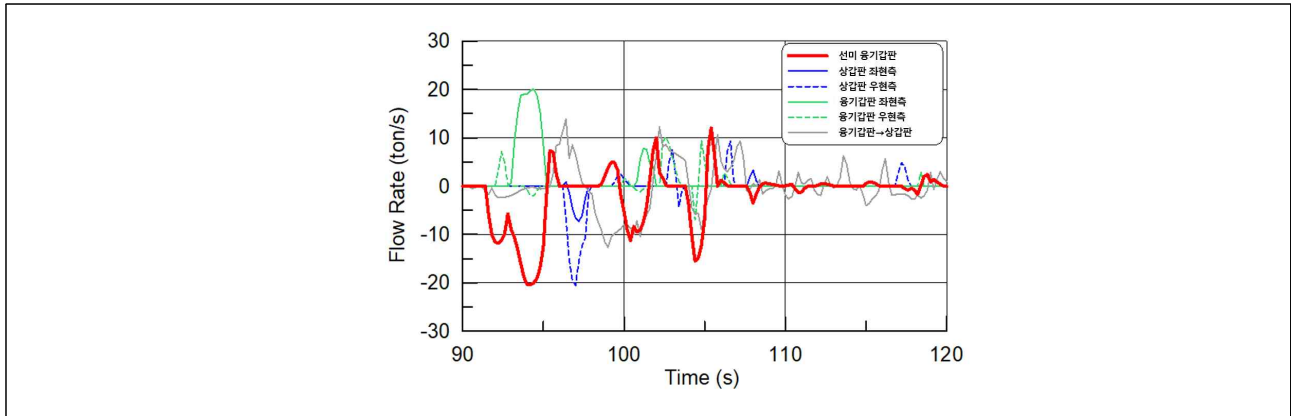
4.6.7 다음으로 갑판 개구부별 해수 유출입량을 시뮬레이션하였다. 계산 결과인 <그림 31>에서 보이는 그래프는 개구부를 통해 흐르는 해수의 초당 톤수를 나타내며, 이때 음수는 바다에서 이 선박으로 해수가 들어오는 것이고, 양수는 해수가 배출된다는 것을 의미한다.

4.6.8 1번 그래프를 보면 약 100초, 약 220초 및 약 330초 부근에서 선미 쪽에서 들어온 해수의 양이 많았다. 그래프 2와 3번은 갑판으로 들어온 해수가 방수구를 통해 배출되는 것을 나타내는 것으로 배출이 잘 이루어지다 약 330초 이후부터는 갑판 상 해수가 방수구를 통해 원활히 배출하지 못하는 것으로 나타났다.



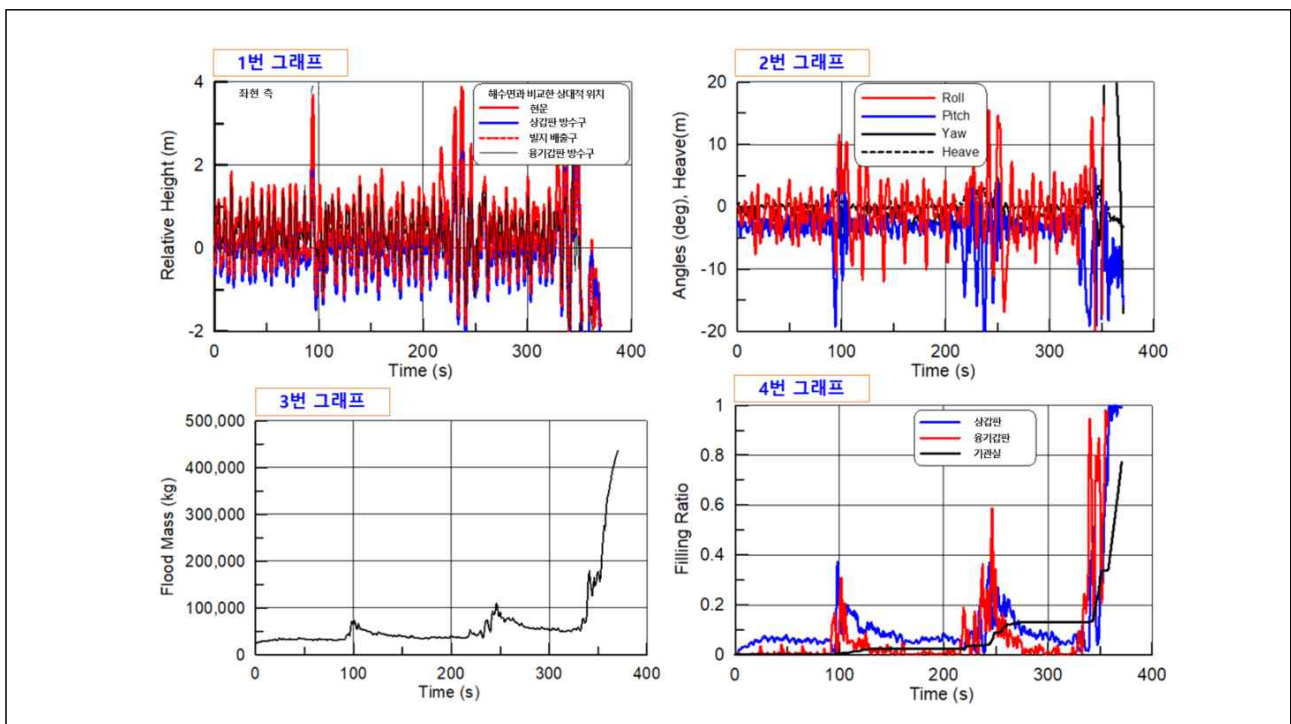
<그림 31> 갑판 상 해수 유출입량 시뮬레이션 결과

4.6.9 약 100초 부근에서의 해수 유출입량을 확대하면 아래 그림과 같으며 약 92초부터 95초까지 선미를 통하여 대량의 해수가 용기갑판으로 흘러 들어오고 있는 것이 확인된다.



<그림 32> 갑판 상 해수 출입량 시뮬레이션

4.6.10 마지막으로 다양한 개구부를 통해 들어오는 해수의 유입량을 조절²⁷⁾하는 방식으로 이 선박의 침몰 상황을 시뮬레이션하였고, 선내 해수 유입이 가장 어려운 조건에서의 시뮬레이션 결과는 아래 그림과 같다.



<그림 33> 시뮬레이션 결과(선내 해수 유입이 가장 어려운 조건)

4.6.11 시뮬레이션 결과 중 1번 그래프는 방수구와 해수면의 상대 위치를 알려주는 것으로 방수구가 해수면의 위아래로 반복하여 움직였다는 것을 알 수 있다.

27) (가정1) 모든 개구부가 열려 있을 때, (가정2), 가정1에 더해 기관실 입구를 0.2m 높이는 조건 부여, (가정3) 가정2에 더해 상부구조물로 들어가는 입구를 좁힘, (가정4) 현문을 닫음

- 4.6.12 2번 그래프는 선체의 운동 모습으로 약 350초 부근에서 횡경사가 급작스럽게 커진 것을 확인할 수 있다. 3번 그래프는 자유표면 효과를 발휘할 수 있는 선내 유동 액체의 총량²⁸⁾으로 약 350초 부근에서부터 약 400톤까지 급작스럽게 유입되는 것으로 나타났다.
- 4.6.13 4번 그래프는 구획별 침수율을 나타내는데 약 250초 부근에서 상갑판 및 용기갑판이 상당 부분 침수되며 약 400초 부근에는 기관실 등 전 구역이 완전히 침수되어 전복되었다.
- 4.6.14 시뮬레이션 결과 우현 측에서의 강한 바람과 파도로 인해 선체는 좌현 측으로 치우쳐 횡동요하였으며, 방수구는 해수면 위아래를 반복적으로 움직이는 것으로 나타났다.
- 4.6.15 또한 해수 유동과 선체 동요로 인하여 대량의 해수가 선체로 유입되었으며 특히 선미부를 통한 해수 유입이 많았다는 것을 확인할 수 있었다.
- 4.6.16 선체는 동요를 계속하다 횡동요가 갑작스럽게 커지고 선내 구획으로 들어오는 해수의 양도 크게 늘어난 것으로 확인된다. 이에 해수의 선내 유입이 가장 힘든 상황으로 가정한 ①현문이 닫힌 상태에서 ②기관실 입구를 높이고, ③상부 구조물 출입구를 좁혔을 시에도 선체는 전복되는 것으로 계산되었다.
- 4.6.17 종합적으로 정리해 보면 이 선박은 악천후를 향해 중 선체 우현 정횡 방향에서 오는 강한 바람과 파도를 맞았으며, 이에 따라 선체의 선미 등으로 유입된 많은 양의 해수는 상갑판 중앙부에 모여 웰을 형성하였을 것으로 추정된다.
- 4.6.18 시간이 지나며 상갑판 웰에 고인 해수량이 점차 많아짐에 따라 방수구를 통해 미처 배출되지 못한 해수는 선내 구획으로 유입되었고, 선내 구획의 침수는 이 선박의 복원성을 급격히 악화시켜 전복에 이르게 한 것으로 분석²⁹⁾된다.

4.7 출항 시 만재흘수선 초과

- 4.7.1 이 선박의 감항성을 판단할 수 있는 복원성 계산을 위해 출항 시 적재 상태 확인은 매우 중요한 사항이나 선장을 비롯한 주요 선원은 사망 또는 실종되었고, 선체도 해저에 침몰되어 출항 당시 이 선박의 적재 상태를 정확히 파악하기는 어려운 상황이다.

28) 연료유 등을 합친 약 25톤에서 시작

29) 제22서경호 전복사고 시뮬레이션 용역 참고

- 4.7.2 또한 일부 생존 선원 및 관련자 진술을 통해 적재 상황을 재구성해 보았으나, 이것도 기억에 근거하거나, 단편적인 적재 사실을 추정하는 사항이 많아 이 선박의 정확한 적재 상태 확인에는 한계가 있는 것이 사실이다.
- 4.7.3 이에 현재 상황에서 이 선박의 출항 당시 적재 상태를 확인시켜 줄 수 있는 가장 객관적일 수 있는 증거로 출항할 당시 CCTV 화면을 확인해 보았다. CCTV 화면에서는 이 선박의 어느 구획에 얼마만큼의 적재가 이루어졌는지는 알 수 없으나, 이 선박의 흘수가 얼마나 되는지를 확인하여 출항 당시 적재 상태 및 만재흘수선 초과 여부를 추정할 수 있었다.
- 4.7.4 그 결과 4.2 출항 시 적재 상태 및 복원성 검토에서 서술한 바와 같이 이 선박이 출항 전 부두에 접안해 있을 때의 상당 흘수는 3.402미터로 추정되었으며, 이 흘수 상태에서의 배수량은 약 570톤으로 이 선박의 복원성 계산서 상 만재하였을 때의 배수량인 509.38톤보다 약 61톤 더 많이 실린 과적 상태로 계산되었다.
- 4.7.5 초과 중량물은 정확히 알 수 없으나, 연료유, 해수 등이 많이 실렸을 수도 있고, 선령이 증가함에 따라 쌓이는 어구 및 비품, 선체 수리 및 페인트 덧칠 등 선체 노후화에 따른 경하중량 증가³⁰⁾에 인한 것일 수도 있다. 또한 이러한 영향들이 복합적으로 작용하여 만재흘수선 초과와 원인이 되었을 수도 있을 것이다.
- 4.7.6 만재흘수선은 어선이 안전하게 운항할 수 있는 적재의 최대 한계선으로 선체의 예비부력을 확보하여 파랑 유입이나 외력에 의한 전복을 방지하고 방수구의 배수 기능을 유지할 수 있게 하는 중요한 역할을 한다.
- 4.7.7 이에 「어선법」 제4조에서는 길이 24미터 이상의 어선은 해양수산부 고시에 따른 만재흘수선을 표시하도록 하고 있으며, “누구든지 이 표시된 만재흘수선을 초과하여 항행해서는 안된다.”라고 규정하고 있다.
- 4.7.8 또한 이 선박의 선박 안전 지침서³¹⁾에는 “본선은 항해구역이 연근해 구역임에 따라 하기 건현 419MM를 지정받았으므로 어떠한 운항 상태에서도 상당 흘수 3.270M를 넘지 않도록 하여야만 한다.”라고 규정하고 있으나 이 선박은 사고 당시 항차에서 상당 흘수를 약 0.132미터 초과하여 출항했던 것으로 추정된다.

30) 경하중량 증가(Light weight increase, Increase in Lightweight) : 선박의 설계 당시의 경하중량보다 실제 무게가 무거워지는 현상으로 도장(painting)으로 수십 겹 쌓인 페인트 무게, 선체 수리 시 강판 덧대기(Doubling), 조업 장비, 어구 등의 추가로 인해 발생하며, 선체의 복원성이 저하되고 예비부력이 감소하는 영향이 있음

31) 제22서경호의 복원성 계산서 상에 기재된 7. 선박 안전운항 지침서 참조

4.7.9 이 선박은 출항 시 현측에 표시된 만재흘수선이 초과되었는지 확인하고 이를 지켜 출항했어야 하나 그렇게 하지 못했고, 이는 선체 복원성을 악화시켜 전복 사고의 원인으로 작용했던 것으로 추정된다.

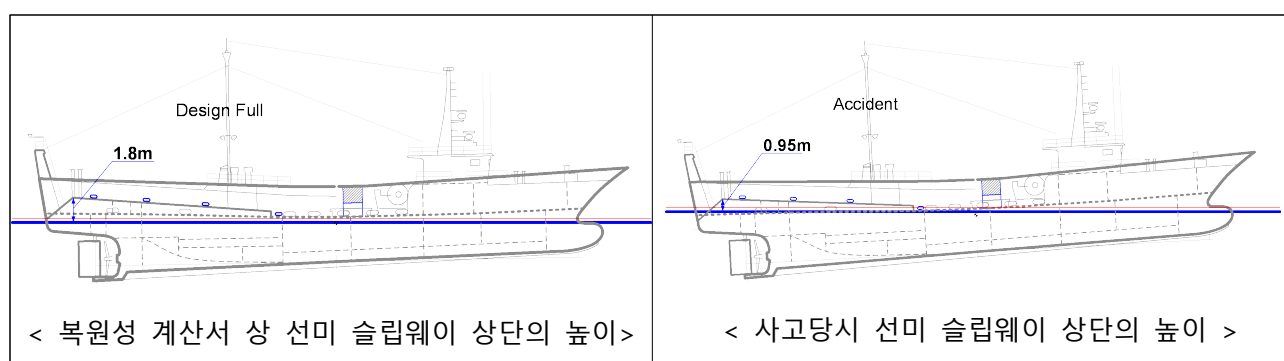
4.8 선미 슬립웨이 도어 미폐쇄

4.8.1 이 선박은 사고 당시 우현 정횡 방향에서 강한 파도와 바람의 영향 등으로 인해 방수구를 통해 배출할 수 있는 양보다 많은 해수가 유입되었으며, 해수 유입이 가장 많았던 곳은 선미 측이었던 것으로 전복 시뮬레이션 계산을 통해 알 수 있었다.

4.8.2 이 선박의 복원성 계산서에 따르면 만재 상태에서 출항했을 경우, 슬립웨이 상단의 높이는 해수면에서 약 1.8미터 상부에 위치한다.

4.8.3 그러나 사고 당시 출항 상태는 만재흘수선이 초과하여 선체는 더 잠기게 되었으며 이에 슬립웨이 상단의 높이는 약 0.95미터가 되었을 것으로 추정³²⁾된다.

4.8.4 여기에 항해 중 항주 침하로 약 0.3미터 정도 더 잠기게 되는 것을 감안하면, 슬립웨이 상단의 높이는 해수면으로부터 약 0.65미터 정도로 계산되며, 이에 악천후로 인해 파도가 높을 경우 슬립웨이를 통해 해수가 들어오기 쉬운 상태였을 것으로 추정된다.



<그림 34> 제22서경호 선미부 슬립웨이 높이 비교

4.8.5 한편, 슬립웨이 도어는 한쪽을 위로 들어 올려 세워서 고정하는 방식의 철판으로 이를 고정하기 위해서는 슬립웨이 도어 위에 어망 등의 장애물이 없어야 한다.

32) 제22서경호 전복사고 시뮬레이션 용역 참고

- 4.8.6 그러나 생존자 다수의 진술에 의하면 1차 조업이 끝난 2월 9일 23시경 사용한 그물(약 160미터 길이)은 다음 투망을 위해 선미 갑판에 고박하지 않고 정리해 두었으며 선미 끝부분까지 일부 그물을 둔 다음 그물 끝부분에 체인을 걸어 고정³³⁾시켰다고 진술한 바 있다.
- 4.8.7 이러한 상태에서는 슬립웨이 도어를 고정할 수 없으며, 또한 대형트롤어업에서 만선으로 회항하는 경우가 아닌 이상, 조업 중 신속한 투망을 위해 슬립웨이 도어를 고정하지 않고 어로 작업을 이어서 하는 경우가 많은 것으로 확인된다.
- 4.8.8 항해 중 슬립웨이 도어를 계속 열어두는 것은 신속한 투망 등 효율적인 어로 작업을 가능하게 할 수는 있으나 선체의 복원성 확보에는 큰 문제가 될 수 있다.
- 4.8.9 특히, 사고 당시와 같은 악천후 상황에서는 다량의 해수가 슬립웨이를 통해 들어올 수 있으며, 갑판 상에 고인 해수는 좌우로 쏠리며 복원성을 급격히 악화³⁴⁾시키고, 선내를 침수시켜 순식간에 선체를 전복시키는 위험 상황을 발생시킬 수 있다.
- 4.8.10 이에 어선설비기준 제134조(갑판개구 등의 안전설비)에서는 “트롤어선의 선미램프 상부에는 인접하는 불위크 또는 가드레일과 같은 높이를 가지는 도어게이트 또는 망 등의 적당한 보호장치를 설치하여야 한다.”라고 규정하고 있다.
- 4.8.11 또한 이 선박의 선박 안전운항 지침서³⁵⁾에는 “본선의 건현 확보를 위해 항해 시 모든 수밀 폐쇄장치는 출입을 행하는 경우 외에는 항상 폐쇄되어야 한다.”라고 규정하고 있다.
- 4.8.12 이 선박의 슬립웨이 도어는 단순한 작업문이 아니라 선체의 수밀 경계를 형성하는 구조물로 이에 항해 중 슬립웨이 도어를 닫는 것은 건현을 확보하여 선체 복원성을 유지하고 해수의 침입을 막는 데 꼭 필요한 조치이다.
- 4.8.13 그러나 이 선박은 1차 조업을 마친 후 다음 어로 작업을 위해 슬립웨이 도어를 닫지 않고 항해를 계속하였던 것으로 추정되며, 이에 다량의 해수가 슬립웨이를 통해 갑판 상으로 유입되었고, 선체 복원성을 악화시키는 원인으로 작용하였던 것으로 유추된다.

33) 그물이 선미로 흘러내려 추진기에 감기거나 떠내려가지 않도록 하기 위해 그물 끝부분을 고정시켰으며, 전개판은 탈락 방지를 위해 갈고리를 구멍에 걸어 고박시켰다고 생존자 진술

34) 해수가 갑판에 모이게 되면 해수가 자유표면효과로 선체의 복원력을 유지하는 횡복원 모멘트를 즉각적으로 감소시킴

35) 제22서경호의 복원성 계산서 상에 기재된 7. 선박 안전운항 지침서 참조

4.8.14 한편, 어로 작업을 위해 갑판에 펼쳐둔 어구와 부속구 등은 선체의 횡경사가 발생할 경우 한쪽으로 치우치게 되고, 치우친 어구나 부속구 등은 방수구를 막아 유입된 해수가 밖으로 배출되는 것을 지연시켜 복원성에 악영향을 미쳤을 수도 있을 것이다.

4.9 악천후 시 항해술 부적절

4.9.1 앞서 살펴본 것처럼 이 선박은 사고 발생 전 침로 약 246도, 속력은 약 11내지 12노트로 풍랑주의보가 내려진 해상을 항해 중이었고, 바람은 북북서 방향에서 약 10내지 12노트의 세기로 불어오고 있었으며, 파고는 약 2미터, 파향은 북북서 방향이었다.

4.9.2 위와 같은 악천후 기상 상황에서 이 선박은 강한 바람과 높은 파도를 선체의 우현 정횡 방향에서 계속 맞는 상태를 유지하며 계속 항해하였다.

4.9.3 이러한 상황에서는 선체의 횡동요가 커져 복원성을 상실하고 전복될 위험이 커지게 되며, 이를 피하기 위해 풍랑을 정선수로부터 25도 내지 35도 방향에서 받도록 침로를 조정하고 또한 조타가 가능한 최소의 속력으로 낮춰서 항해³⁶⁾하도록 권고되고 있다.

4.9.4 이와 관련 해양수산부와 수산업협동조합중앙회에서는 악천후 시 어선들의 안전한 항해를 위해 “파도에 의한 충격을 피하기 위하여 가능하면 파도를 선수 좌우현 뺏머리 쪽으로 넓게 받도록 한다.”라는 내용을 담은 안전조업수칙³⁷⁾을 배포한 바 있다.

4.9.5 이 선박은 악천후 시 선체의 동요와 충격을 줄이기 위해 침로를 우현 측으로 돌려 파도를 우현 정횡 방향이 아닌 선수 좌우현 뺏머리 쪽으로 넓게 받도록 하고, 조타가 가능한 최소의 속력으로 운항하여 안전을 확보해야 했으나 그렇게 하지 못했다.

36) 히브투(Heave to) 항법 : 선수를 풍랑 쪽으로 향하게 하여 조타가 가능한 최소의 속력으로 전진하는 방법, 일반적으로 풍랑을 선수로부터 좌·우현으로 25도 내지 35도 방향에서 받는 것이 좋음(선장 비상대응 매뉴얼 14쪽, 해양수산부, 2019)

37) 스스로 지키는 어업인 안전조업수칙(2021년 7월)

section

5

결론

5. 결론

- 5.1 이번 사고는 제22서경호가 만재흡수선을 초과하여 선체의 복원성이 저하된 상태에서 악천후 해역을 항해 중, 우현 정횡 방향에서 오는 강한 바람과 파도로 인해 선체 동요가 커지고, 선미 슬립웨이 등을 통해 갑판 상에 올라온 많은 양의 해수가 선내 구획을 침수시켜 복원성을 급격히 악화시키는 영향 등이 복합적으로 작용하여 발생하였을 것으로 추정된다.
- 5.2 전복 시뮬레이션 결과, 우현 정횡 방향에서의 강한 바람과 파도로 인해 선체는 좌현 측으로 치우쳐 횡동요 하였으며, 방수구는 해수면 위아래를 반복적으로 움직이는 것으로 나타났다. 또한 해수 유동과 선체 동요로 인하여 대량의 해수가 유입되었으며 특히 선미부를 통한 해수 유입이 많았다는 것을 확인할 수 있었다.
- 5.3 불규칙 파도에 대한 시뮬레이션 계산 사례에서, 선체는 시뮬레이션 시작 후 약 350초 부근에서 횡동요가 갑작스럽게 커졌으며 선내 구획으로 들어오는 해수의 양도 갑작스럽게 늘어난 것으로 확인된다. 이 선박은 해수의 선내 유입이 가장 힘든 상황으로 가정한 시뮬레이션에서도 전복되는 것으로 나타났다.
- 5.4 이 선박의 적재 상태를 출항 당시 CCTV를 통해 분석한 결과, 이 선박은 만재흡수선을 초과하여 출항한 것으로 추정된다. 이 선박은 만재흡수선 초과 여부를 확인하고 이를 지켜 선체의 예비부력 및 복원성 확보하여야 했으나 그렇게 하지 못했다.
- 5.5 이 선박은 항해 중 선미에 있는 슬립웨이 도어를 닫아 선체 복원성을 유지하여야 했으나 그렇게 하지 못한 것으로 추정되며, 이로 인해 악천후에서 슬립웨이를 통해 다량의 해수가 갑판 상으로 유입되어 선체 복원성을 악화시키는 원인으로 작용하였을 것으로 유추된다.
- 5.6 이 선박은 악천후 해역을 항해 중 선체의 동요와 충격을 줄이기 위해 침로를 우현 측으로 돌려 파도를 우현 정횡 방향이 아닌 선수 좌우현 뱃머리 쪽으로 넓게 받도록 하고, 조타가 가능한 최소의 속력으로 운항하여 안전을 확보해야 했으나 그렇게 하지 못했다.

section

6

교훈사항

6. 교훈사항

6.1 출항 전 만재흡수선 확인 및 초과 방지 철저

- 6.1.1 선장은 만재흡수선을 지켜 적재하는 것이 선박의 감항성 확보를 위한 핵심 요소임을 인식하고 복원성 계산서에 따른 최대 적재한도를 숙지하여 연료유, 청수 및 어구 등이 적재한도를 초과하여 적재되지 않도록 주의해야 할 것이다.
- 6.1.2 또한, 출항 전 선체의 선수·선미·중앙부의 흡수를 직접 육안으로 확인하여 만재흡수선 초과 여부를 점검하고 만약, 만재흡수선 초과가 확인되었을 때는 반드시 적재량을 조절하여 만재흡수선을 초과하지 않은 상태에서 출항해야 할 것이다.
- 6.1.3 아울러, 사용하지 않는 어구, 예비 부속, 폐기물 등은 주기적으로 육상으로 양륙하는 등 선체 노후화에 따른 경하 중량 증가가 최소화될 수 있도록 선체를 관리해야 할 것이다.
- 6.1.4 이와 함께, 선체의 만재흡수선 표지가 부식되거나 지워지지 않도록 정기적으로 도색하고 관리하여, 선원들이 언제든지 정확한 적재 상태를 확인할 수 있도록 해야 할 것이다.

6.2 선체 복원성 확보를 위한 슬립웨이 도어 폐쇄

- 6.2.1 선장은 어로 작업 후 슬립웨이 도어를 닫지 않을 경우, 항해 중 슬립 웨이를 통해 해수가 유입되어 선내가 침수되는 등 선박 안전에 중대한 위험을 초래할 수 있음을 인식하고, 항해 중에는 슬립웨이 도어를 반드시 닫아야 할 것이다.
- 6.2.2 또한 어로 작업 후에는 슬립웨이 도어 주변의 어구나 장비 등 적치물을 정리하고 슬립웨이 도어를 폐쇄해야 하며, 특히 풍랑주의보 등 기상 특보가 발효되거나 악천후가 예상될 때는 슬립웨이 도어 상태를 다시 한번 확인하여 안전을 확보해야 할 것이다.

- 6.2.3 아울러, 어로 작업에 사용한 어구, 부속구 및 어상자 등이 선체 운동으로 인해 한쪽으로 치우쳐 방수구를 막아 해수 배출을 지연시키지 않도록 완전히 격납하여야 할 것이다.
- 6.2.4 어선소유자 및 수협중앙회 등 관련기관에서는 항해 중 슬립웨이 도어를 열어 둘 경우 기상악화와 맞물려 선체로 해수가 유입되어 이번 사고와 같은 전복사고로 이어질 수 있다는 점을 인식하고, 선장 및 어선원들에게 슬립웨이 도어의 안전상 중요성, 항해 중 폐쇄 필요성 및 관리 방법, 어구 등의 격납 중요성을 지속적으로 교육해야 할 것이다.

6.3 악천후 시 안전 확보를 위한 항해술 숙지 및 이행

- 6.3.1 선장과 항해사는 악천후 시 파도를 선수 좌우현 뱃머리 쪽으로 넓게 받도록 하고, 조타가 가능한 최소의 속력으로 운항하는 항해술을 숙지하고, 악천후 상황에서 이행하여 선박과 선원의 안전을 확보해야 할 것이다.
- 6.3.2 어선소유자 및 수협중앙회 등 관련기관에서는 악천후 시 파도와 바람을 선체 정횡 방향에서 지속적으로 맞게 될 경우, 선체의 횡동요 증가로 전복 위험성이 높아짐을 인식하고 선장과 항해사에게 악천후 시 안전한 항해를 위해 권고되는 항해술 교육을 지속적으로 실시하는 등 사고 재발 방지를 위해 노력해야 할 것이다.

section

7

권고

7. 권고

7.1 어선 만재흡수선 초과 방지를 위한 관리 감독 철저

7.1.1 해양수산부는 어선들이 만재흡수선을 초과한 상태로 출항하지 않도록 이번 사고 교훈을 일선 어선 선장과 선주들에게 교육시키는 한편, 현장 점검을 통해 어선들의 만재흡수선 준수여부를 확인하는 등 재발 방지를 위한 조치를 시행할 필요가 있다.

7.2 슬립웨이 도어 등 폐쇄 및 악천후 시 항해술 안전교육 강화

7.2.1 해양수산부는 대형트롤어선의 특성을 고려하여 슬립웨이 도어의 중요성 및 항해 중 폐쇄 필요성 등에 대한 맞춤형 교육을 실시하고, 안전 조치 안내자료를 제작하여 배포하는 등 재발 방지 조치를 시행할 필요가 있다.

7.2.2 또한, 악천후 시 선속과 침로의 조정 등 안전 항해를 위한 항해술을 일선 어선 선장과 항해사에게 교육하여 숙지하도록 하고 홍보자료를 제작하여 배포하는 등 재발 방지 조치를 시행할 필요가 있다.



해양수산부

중앙해양안전심판원