



해양사고 특별조사보고서

- 어선 제32명민호 전복사고[2020.12.29]
- 어선 제127대양호 침몰사고[2021.01.23]
- 어선 거룡호 전복사고[2021.02.19]

공표일자 : 2022.10.07.



중앙해양안전심판원 특별조사부

CONTENTS

1. 어선 제32명민호 전복사고	3
2. 어선 제127대양호 침몰사고	51
3. 어선 거룡호 전복사고	99

[특별조사 2022-003]



해양사고 특별조사보고서

- 어선 제32명민호 전복사고 -

사고일자 : 2020.12.29.

공표일자 : 2022.10.07.



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. 따라서, 해양사고에 대한 책임을 묻거나 비난하기 위한 근거로 활용될 수 없습니다.

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

Contents

1. 사고 개요	9
2. 사실 정보	13
2.1 선박제원	13
2.2 선박구조	15
2.3 선박검사	15
2.4 선원승무현황	15
2.5 선박운항	15
2.6 기상상태	16
3. 사고 경위	21
3.1 사고 전 조업 및 출항	21
3.2 사고 발생	22
3.3 수색 및 구조	23
3.4 피해사항	24
4. 사고 분석	27
4.1 사고시간 및 위치	27
4.2 기상상황	27
4.3 어선의 피항조치	29
4.4 전복 원인이 될 수 있는 요인	30
4.5 복원성 검토	31
4.6 선박운동 분석	35
4.7 시뮬레이션을 통한 전복가능성	37

5. 결론	43
6. 권고	47

section

1

사고 개요

1. 사고 개요

- 1.1 어선 제32명민호는 제주도 성산포 동방 약 10마일 인근 해상에서 조업을 마친 후 2020년 12월 29일 13시 45분경 제주 성산포항으로 입항하였다.
- 1.2 이 선박은 어획물을 전량 양하한 후, 제주 한림항으로 가기 위해 2020년 12월 29일 16시 03분경 성산포항을 출항하였고, 제주 북쪽 해상을 약 8~9노트 속력으로 항해하였다.
- 1.3 한편, 같은 날 16시 00분경 제주도 전 해상에 풍랑예비특보가 발표되었고, 16시 30분에는 제주도 앞바다에 풍랑주의보(19시 00분 발효)가 발표되었다.
- 1.4 성산포항을 출항한 제32명민호는 제주항 입구를 지나 항해(동쪽에서 서쪽으로)하던 중 19시 23분경 제주항 서부방파제 끝단으로부터 북서방 약 1.1마일 해상에서 전복되었다.
- 1.5 19시 39분경, 이 선박에 승선 중인 선원 중 한 명이 문자메시지를 전송하여 사고 사실을 알렸고, 이후 구조 활동이 시작되었다. 이후 전복선박은 해상에서 떠밀리면서 제주항 방파제에 부딪힌 후 반파되었다.
- 1.6 승선원 7명 전원이 사망·실종되었으며, 표류하던 선체 일부가 인양되었으나 모두 폐선처리하였다.

section

2

사실 정보

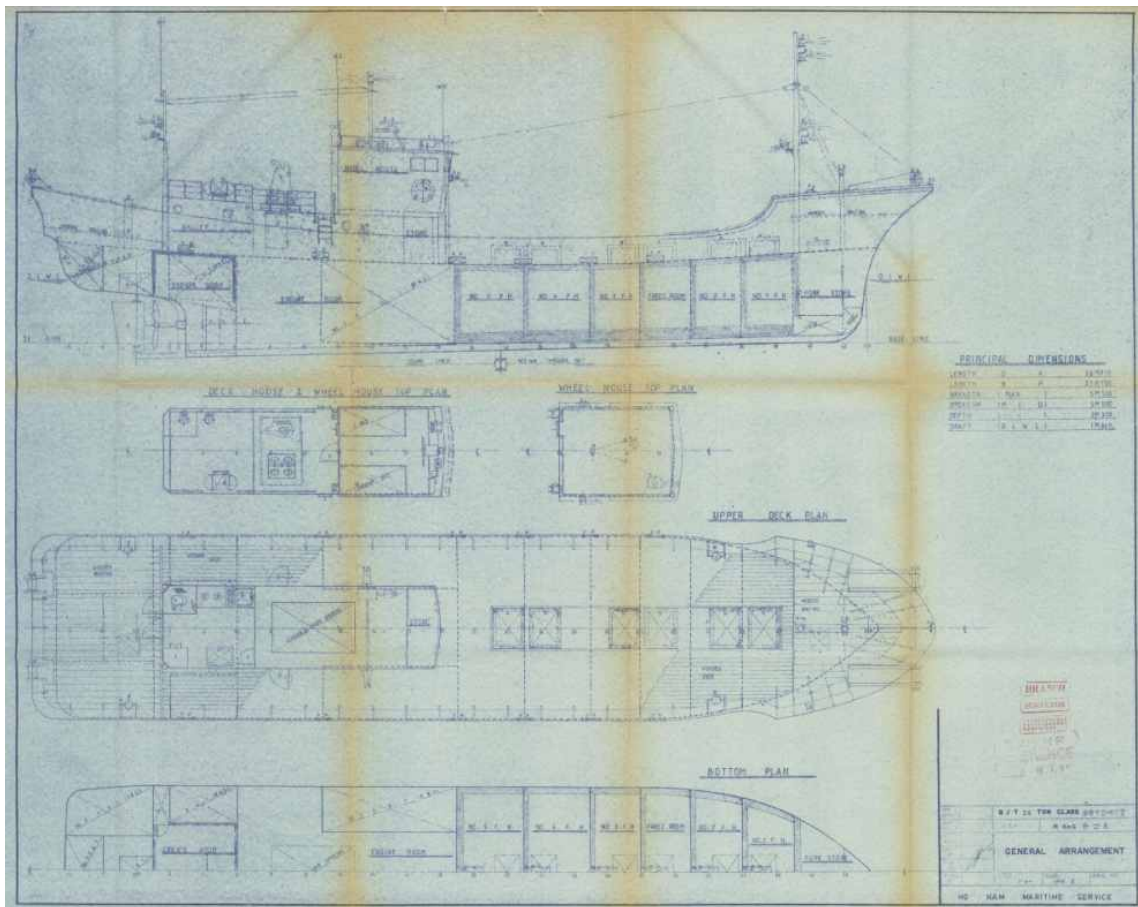
2. 사실 정보

2.1 선박제원

2.1.1 주요 명세

선명	제32명민호
국적	대한민국
선적항	제주시
선박 종류	어선(대형기선저인망)
주포획·어획물의 종류	가자미, 볼락, 아귀 등
조업구역	제주 근해·서해·동중국해 등
선박소유자/선박운항자	김○○ / 김○○
최대승선인원(명)	9
조선자	덕산FRP조선
건조일(진수일)	1991년 11월 1일
선박검사기관	한국해양교통안전공단
총톤수(톤)	39
길이/전장(미터)	22.00 / 26.81
너비(미터)	4.97
깊이(미터)	2.28
주기관	선박용 디젤기관
최대출력(kW)	394
추진기	1(나선일체식)
타	1

2.1.2 제32명민호는 전라남도 강진군 소재 덕산FRP조선소에서 1991년 11월 1일 건조·진수된 강화플라스틱(FRP) 재질의 대형기선저인망어선이다. 총톤수 39톤, 길이 22미터(전장 26.81미터), 너비 4.97미터, 깊이 2.28미터이며, 최대출력 394킬로와트의 선박용 디젤기관 1기가 장치되어 있다.



<그림 1> 제32명민호 일반배치도 및 선박전경(건조 당시)

2.2 선박구조

- 2.2.1 제32명민호는 중앙선교형 구조의 어선으로 상갑판 아래는 선수 쪽부터 선수창고, 1번부터 5번까지 어창 5개와 냉동고, 기관실, 선원실 연료유탱크와 타기실이 구획되어 있다.
- 2.2.2 상갑판 위 선수에 조업을 위한 양망원치 및 사이드 드럼이 있고 선체 중앙부에는 선교 및 그 아래 갑판창고가 있다. 선미부에는 식당 및 사이드 드럼이 있다.

2.3 선박검사

- 2.3.1 이 선박은 2016년 8월 31일 정기검사, 2019년 8월 21일 제1종 중간검사에 합격하였고, 한국해양교통안전공단으로부터 2021년 8월 30일까지 유효한 어선검사증서를 교부받아 보유하고 있다.

2.4 선원승무현황

- 2.4.1 사고 당시 이 선박에는 선장 1명, 기관장 1명 등 총 7명의 선원이 있었다. 선장, 기관장 및 선원 2명은 한국인이었고, 나머지 선원 3명은 인도네시아인이었다. 선장 및 기관장을 제외한 2명의 한국선원들은 선내에서 각각 갑판장 또는 조리장 역할을 수행하였다.
- 2.4.2 이 선박의 선장은 1999년부터 저인망 또는 유자망어선 등에서의 약 17년간 승선경력을 가지고 있다. 이 중 선장 경력은 2년 6개월가량이며, 나머지는 기관장 또는 기관사로서의 경력을 가지고 있었다.
- 2.4.3 선장은 제32명민호를 총 2번 승선하였다. 그 중 첫 번째는 2017년 9월에서 2019년 2월까지 기관장으로 승선하였고, 두 번째는 2020년 1월부터 2020년 12월까지 선장으로 승선하였다.

2.5 선박운항

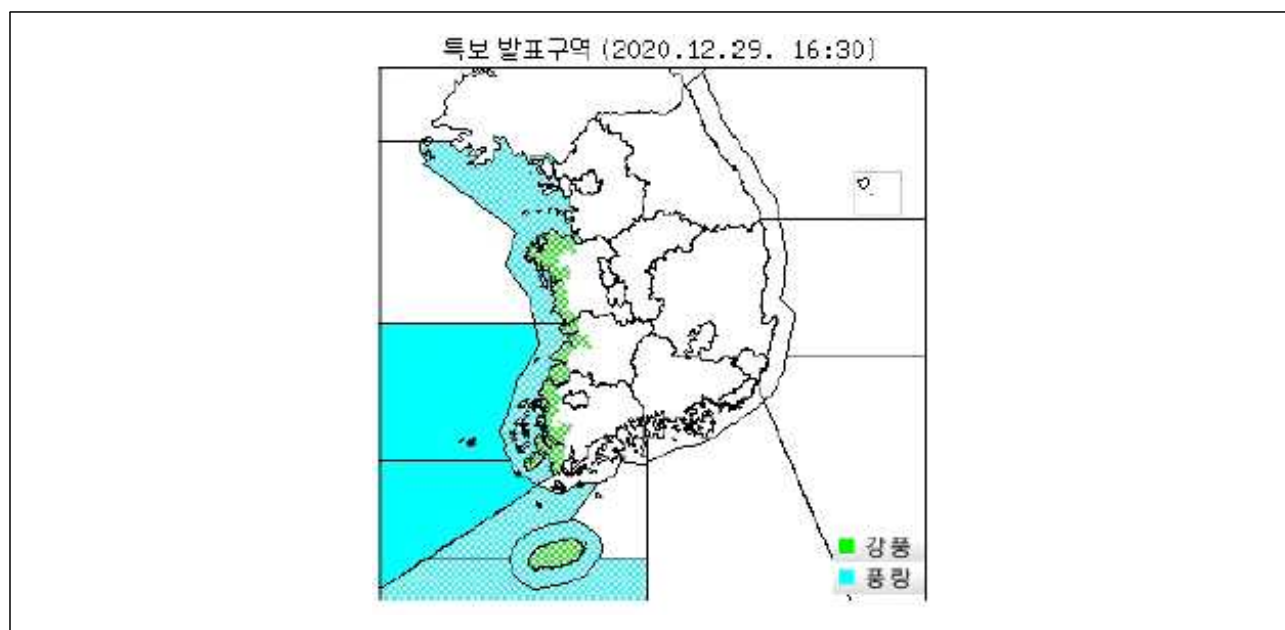
- 2.5.1 이 선박은 대형기선저인망어업에 종사하는 어선으로서 전남 남측 해역 일대 및 서해와 동중국해, 제주 연근해에서 조업하였다. 한번 출항하면 5~6일 정도 조업을 하다가 어창에 어획물을 채우면 귀항하는 형태로 조업을 하였고 한 달에 대략 4~5회 정도 입출항을 하였다. 입항지는 주로 한림항, 성산포항, 서귀포항, 화순항 등이었다.

2.6 기상 상태

2.6.1 제32명민호가 전복사고 당시 사고해역은 풍랑주의보가 발효(같은 날 16시 30분 발표)된 상태였다.

<표 1> 사고 당시 기상특보 내역

발효일자	발효시각	해당구역
12월 29일	15:00	(풍랑주의보) 서해남부북쪽먼바다, 서해남부남쪽먼바다
	16:00	(풍랑 예비특보) 제주도전해상, 남해서부전해상, 서해남부앞바다, 동해중부먼바다 - 12월 29일 밤
	16:30	(강풍경보 격상) 흑산도 및 홍도 (풍랑경보 격상) 서해남부북쪽먼바다 및 서해남부남쪽먼바다
	17:30	(풍랑주의보) 서해남부앞바다
	19:00	(강풍주의보) 제주도(발표 : 16:30) (풍랑주의보) 제주도앞바다(발표 : 16:30), 남해서부서쪽먼바다, 제주도남쪽먼바다, 서해남부앞바다, 서해중부앞바다
	20:00	(풍랑주의보) 남해서부동쪽먼바다, 남해서부앞바다
	22:00	(풍랑경보 격상) 제주도남쪽먼바다
	23:00	(풍랑주의보) 동해중부먼바다 (풍랑경보 격상) 남해서부서쪽먼바다



<그림 2> 사고 당시 특보 발표 현황(발표: 16:30 / 발효: 19:00)

2.6.2 제주항 인근에는 기상청에서 설치한 제주항 파고부이와 국립해양조사원에서 설치한 제주해협 해양관측부이¹⁾가 있는데, 이들 장비에서는 사고 당시 풍향 및 풍속이 북서풍, 30~40m/s, 유의파고는 약 2.0~4.0미터, 파향은 북북서로 관측되었다.

지점	시간	수온(°C)	최대파고(m)	유의파고(m)	평균파고(m)	파주기(sec)
제주항(22457)	2020-12-29 16:00	13.9	0.4	0.3	0.2	3.8
제주항(22457)	2020-12-29 17:00	13.8	0.9	0.6	0.4	3.7
제주항(22457)	2020-12-29 18:00	14.3	2.6	1.5	1	5.1
제주항(22457)	2020-12-29 19:00	14.7	2.3	1.8	1.2	5.8
제주항(22457)	2020-12-29 20:00	14.3	3	2.2	1.4	6.2
제주항(22457)	2020-12-29 21:00	14.5	3.9	2.6	1.6	6.8
제주항(22457)	2020-12-29 22:00	14.2	3.9	2.6	1.7	7.3

<그림 3> 제주항 파고부이(기상청)

관측일자	관측시각	유의파고(m)	최대파고(m)	파향(deg.)	풍속(m/s)	풍향(deg.)
2020년 12월 29일	18:00	1.84	2.93	345	25.2	353
	18:30	1.88	2.89	349	23.8	356
	19:00	2.36	3.97	346	42.3	349
	19:30	2.49	3.89	345	32.2	35
	20:00	2.78	4.46	343	47.4	73

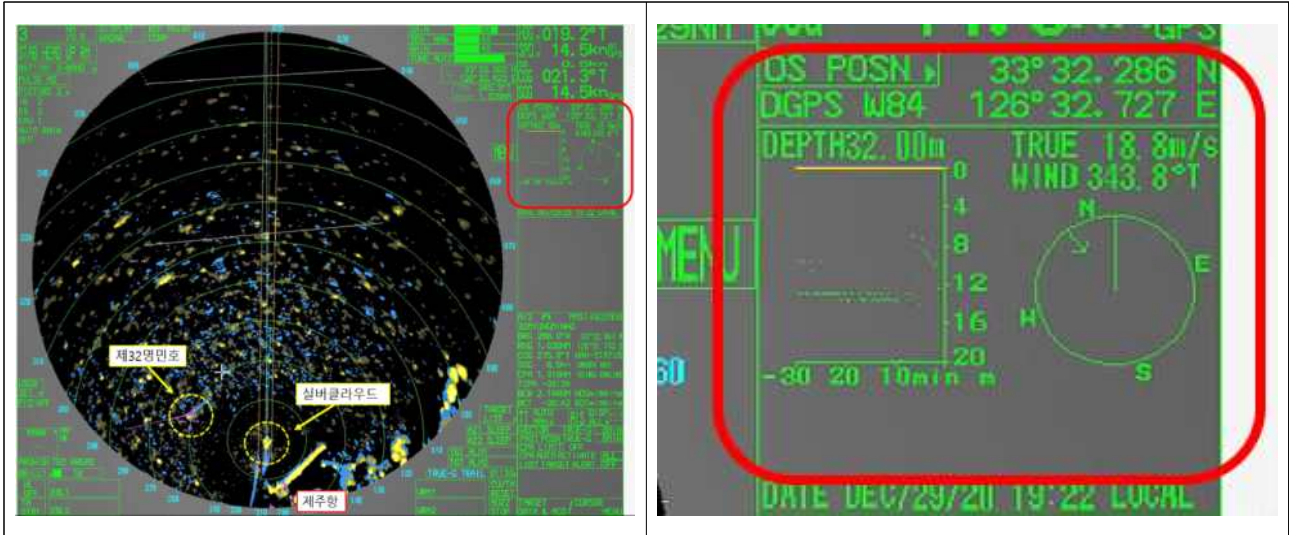
○ 제주해협 해양관측부이 유의파고(약 2.5m)

○ 제주해협 해양관측부이 최대파고(약 4.0m)

<그림 4> 제주해협 해양관측부이(국립해양조사원)

1) 제주항 파고부이: 사고위치로부터 남동방 약 2.1마일(약 3.9킬로미터)
 제주해협 해양관측부이: 사고위치로부터 북북서, 9.7마일(약 18킬로미터)

2.6.3 사고 당일 카페리어객선 실버클라우드호는 19시 15분경 제주항을 출항하여, 19시 22분경 제32명민호를 약 1마일 거리로 항과하였다. 이 때 실버클라우드호에서 관측한 풍향 및 풍속은 북북서풍에 초속 약 19미터였다.



<그림 5> 실버클라우드 항해자료기록장치(VDR)에 저장된 풍속, 풍향

2.6.4 한편, 구조과정에서 확인한 현장 기상정보에 따르면 사고 당시 풍향·풍속은 북서풍 18~22m/s, 파고는 2.5~3.0미터였다.

section

3

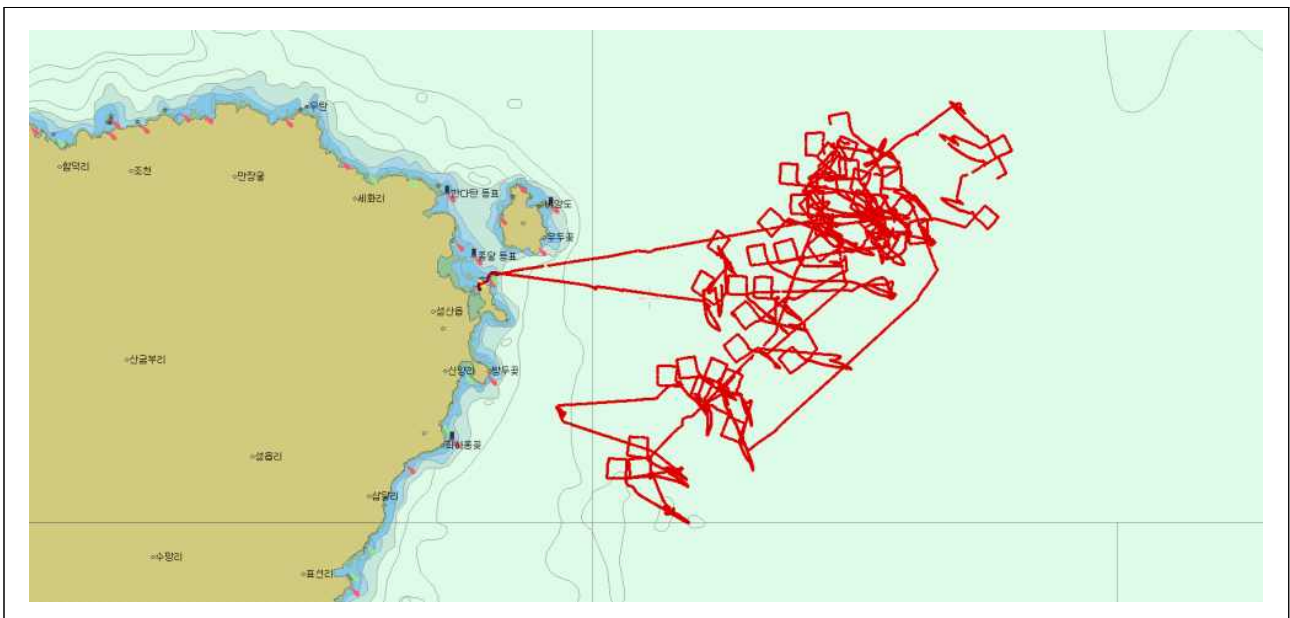
사고 경위

3. 사고 경위

3.1 사고 전 조업 및 출항

3.1.1 2020년 12월 22일 15시 12분경 제32명민호는 서귀포 성산항에 입항하여 부식, 식수 등을 보급받은 후 같은 날 19시 12분경 조업을 위해 다시 출항하였다.

3.1.2 이 선박은 12월 29일 12시 30분경까지 성산포 동방 약 10마일 인근 해상에서 조업하였고, 같은 날 13시 45분경 성산포항으로 다시 입항하였다.

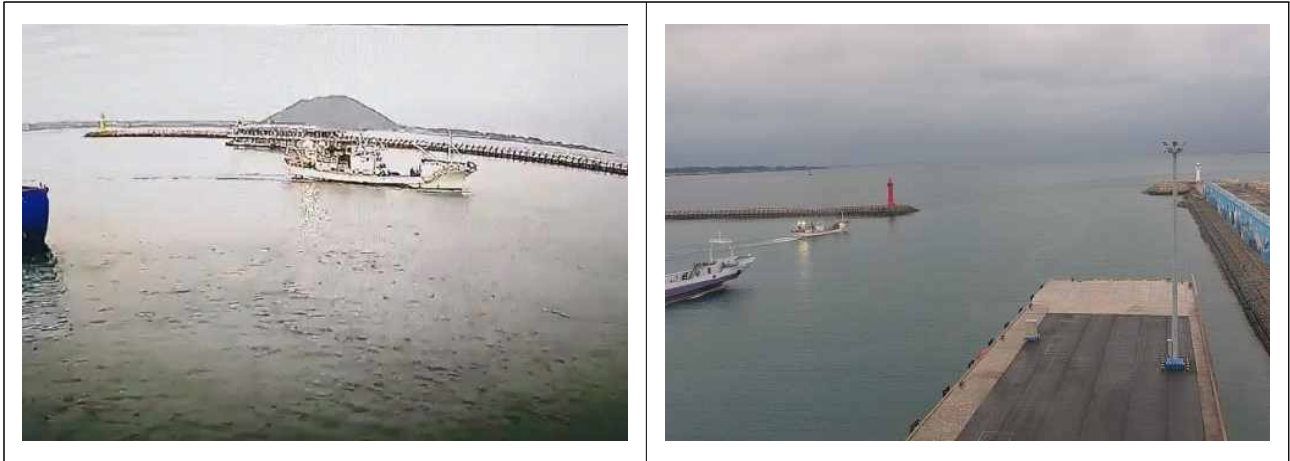


<그림 6> 제32명민호의 조업 항적('20.12.22~12.29)

3.1.3 이 선박은 성산포항에 입항한 후 가자미, 볼락, 아귀 등 어획물 350상자²⁾를 양하하는 등 어창에 실려있던 어획물을 전량 양하하였다. 부식과 식수도 거의 다 소모한 상태였다.

3.1.4 어획물 양하를 마친 이 선박은 한림항으로 입항하기 위해 같은 날 16시 03분경 성산항을 출항하였고, 우도 동쪽을 돌아 제주도 북단으로 향해하였다.

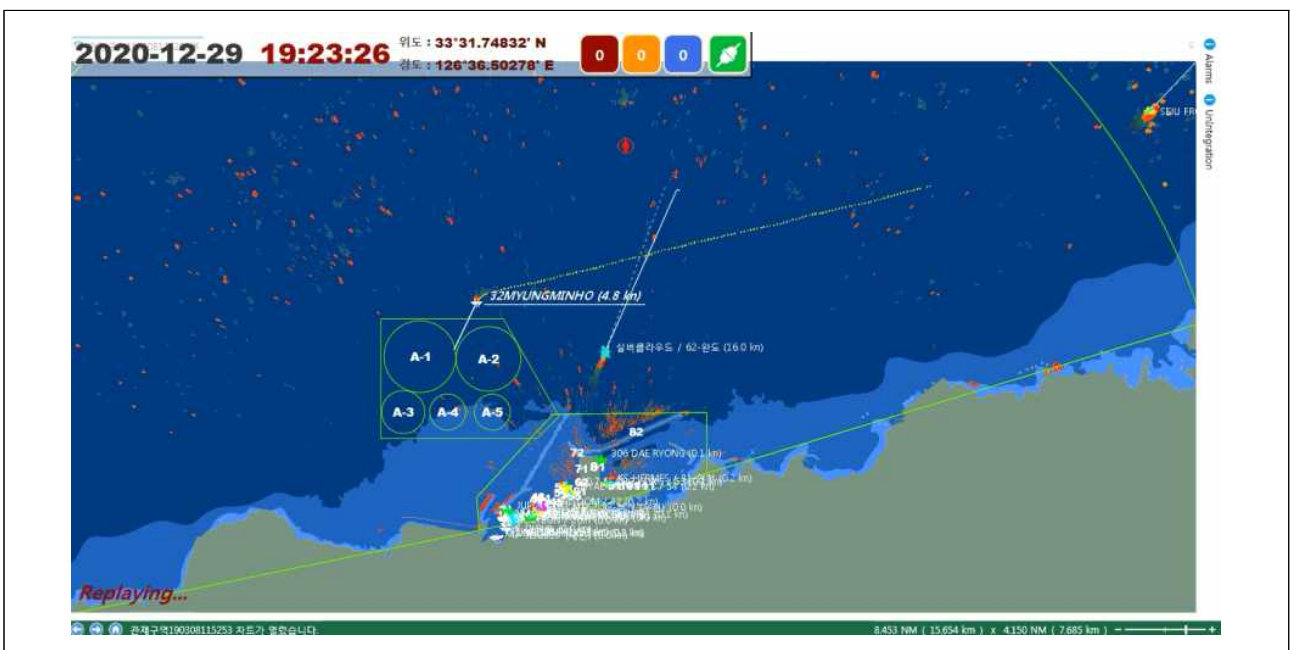
2) 상자당 약 20킬로그램의 무게에 해당되는 것으로 추정되며, 350상자는 7,000킬로그램에 해당



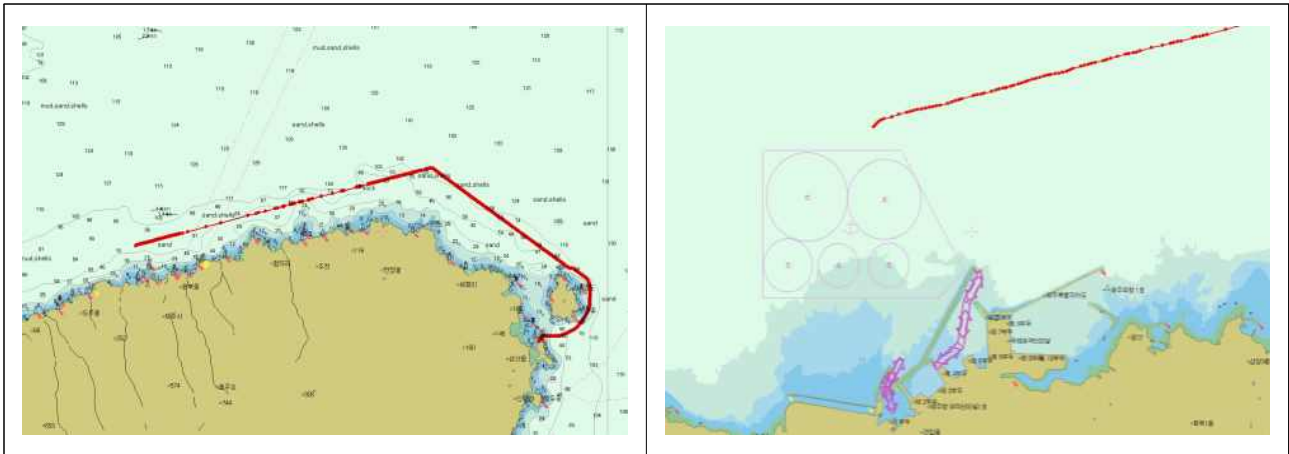
<그림 7> 출항 당시 폐쇄회로영상화면(CCTV) 사진

3.2 사고 발생

- 3.2.1 2020년 12월 29일 16시 39분경 제32명민호는 우도 동쪽을 지나 약 303도로 정침하여 약 8노트 속력으로 항해하였다. 이후 17시 41분경 제주시 월정리 부근에서 좌현 변침하여 약 256도로 정침하고 약 9노트 속력으로 항해하였다.
- 3.2.2 19시 18분경 제주항 입구를 지났고, 19시 23분경 제주항 서부방파제 끝단 북서방 약 1.1 마일 해상을 항해하던 중 전복되는 사고가 발생하였다.



<그림 8> 제주항 해상교통관제센터(VTS) 레이더 화면



<그림 9> 성산포항 출항 후 항적

3.3 수색 및 구조

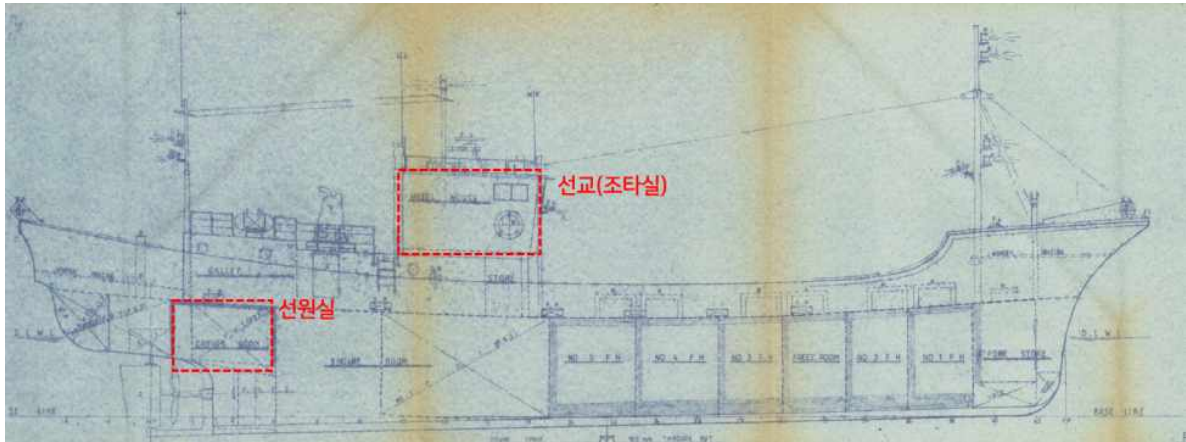
- 3.3.1 2020년 12월 29일 19시 39분경, 이 선박에 승선하고 있던 인도네시아 선원이 외국인선원 관리업체 직원에게 문자메시지³⁾를 전송하여 어선의 전복사실을 알렸다. 문자를 받은 직원은 119구급센터에 연락하여 구조요청을 하였다.
- 3.3.2 119구급센터로부터 사고통보를 받은 제주해양경찰서 등은 19시 47분경 연안구조정 및 항공대(헬기) 등을 출동시켰고, 같은 날 20시 15분경 사고 해역에 도착하여 수색을 시작하였다. 21시 11분경 제32명민호가 전복된 상태로 발견되었다.
- 3.3.3 한편, 선박소유자는 제주해양경찰서로부터 사고사실을 전달받고 한림파출소에 방문하였으며, 사고선박의 기관장과 두 차례 통화하였고 선내 선원의 위치를 파악⁴⁾하였다.
- 3.3.4 다음 날인 2020년 12월 30일 00시 54분경 제주해양경찰서 구조대가 전복된 선체에 올라 선내 생존자가 있는지를 확인하기 위해 선실 쪽에서 타격시험⁵⁾을 하였다. 기관장 등 선원이 이에 응답하였고, 00시 55분경 구조대가 입수하였으나 기상불량으로 퇴수⁶⁾하였다.

3) 전복된 후 선박 내에서 '선생님 전화받아요, 배 침몰 중이에요'라고 메시지 송신

4) 조타실에 선장 1명 및 선원(한국인) 1명, 선원구역에 기관장 등 선원 5명이 있는 것을 확인

5) 선체 외부에서 망치를 두드려 내부에 사람이 있는지 여부를 반응으로서 확인하는 시험

6) 구조대가 수차례 입수하여 구조를 시도하였으나 기상불량 등으로 인명구조가 진척되지 못함



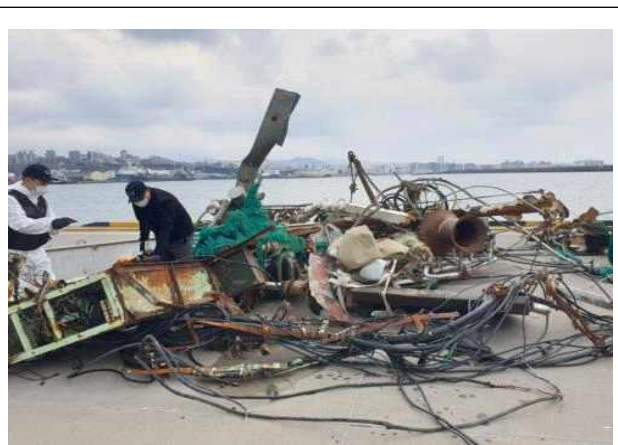
<그림 10> 선박구조 및 조타실과 선원실

3.3.5 같은 날 03시 47분경, 전복선박은 제주항 방향으로 떠밀리면서 제주항 방파제 네발 방파석(테트라포드)과 부딪혔고, 이로 인해 선박은 반파되었다.

3.3.6 이에 선원을 구조하기 위해 해상, 항공수색 및 육상 해안수색을 실시하였다. 이를 통해 7명의 선원 중 6명이 발견(사망 진단)되었고, 1명은 실종되었다.

3.4 피해사항

3.4.1 이 전복사고로 인해 제32명민호에 승선했던 7명 전원이 사망·실종되었다. 선박은 전복된 후 조류에 떠밀리면서 방파제에 부딪쳐 반파된 채로 표류하였고, 선체하부 일부, 추진기, 상갑판상에 위치한 양방향 등 선박 일부가 인양되었으나 모두 폐선처리(전손) 되었다.



<그림 11> 인양된 선체

section

4

사고 분석

4. 사고 분석

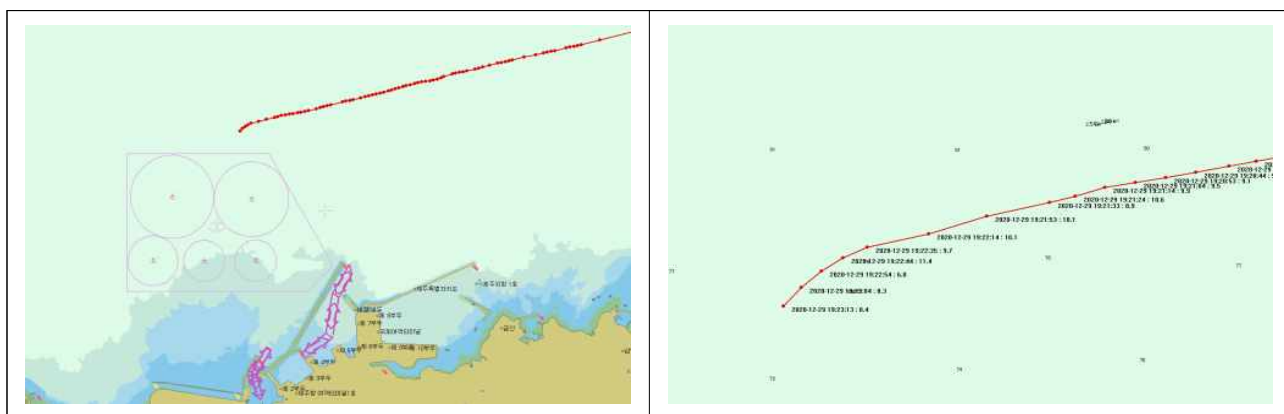
4.1 사고시간 및 위치

4.1.1 제32명민호는 자동식별장치(AIS)가 설치된 선박으로 이 장치에서 전송한 정보를 통해 선박의 항적 및 위치를 확인할 수 있다.

4.1.2 이 선박은 성산포항을 출항 후 제주도 동북단에서 2020년 12월 29일 17시 41분경 약 256도로 좌현 변침하고 제주항 인근까지 선수방위를 유지하였으나, 같은 날 19시 22분경 선속이 줄어들면서 선체가 좌현으로 회두되기 시작하였다.

4.1.3 이후 침로 약 217도, 선속 약 8노트로 운항하던 중 같은 날 19시 23분 13초경 북위 33도 32분 51초, 동경 126도 31분 41초 위치에서 발신된 자동식별장치(AIS) 신호가 마지막으로 수신되었다.

4.1.4 따라서 이 선박 자동식별장치 신호가 마지막으로 수신된 2020년 12월 29일 19시 23분 경 사고가 발생한 것으로 판단된다.



<그림 12> 사고 당시 항적

4.2 기상상황

4.2.1 제32명민호가 성산항을 출항한 시각은 2020년 12월 29일 16시 03분경이며, 이때 기상은 양호한 상태⁷⁾였다.

4.2.2 같은 날 16시 00분, 기상청은 예비특보를 발표하여 같은 날 밤에 제주도 전 해상 등에 풍랑특보가 있을 예정임을 알렸다. 이후 같은 날 16시 30분경 풍랑주의보가 발표되었고 이 풍랑주의보⁸⁾는 같은 날 19시 00분부터 제주도 앞바다에 발효되었다.

4.2.3 이 선박이 성산항에서 제주도 북쪽 해상으로 항해하였다는 점을 고려하여, 기상청 파고 부이 자료를 바탕으로 해상기상 상태를 검토하였다. 그 결과 이 선박은 시간이 지남에 따라 기상이 좋지 않은 해역으로 진입하고 있었음을 알 수 있다.

<표 2> 기상청 파고부이 관측 결과

지역	관측시간	최대파고(m)	유의파고(m)	
우도(22469)	2020.12.29. 16:00	0.7	0.5	
하도(22517)	2020.12.29. 17:00	0.7	0.5	
김녕(22491)	2020.12.29. 18:00	1.6	1.2	
제주항(22457)	2020.12.29. 19:00	2.3	1.8	

4.2.4 사고 해역 인근에는 기상청의 파고부이, 국립해양조사원에서 운영하는 해양관측부이가 있다. 그 외에 사고 당시 기상을 확인할 수 있는 자료로는 제주해양경찰서 상황실 기상 자료, 제주항을 출항하던 카페리여객선 실버클라우드호의 항해자료기록장치(VDR)의 기상정보가 있다. 이들 자료를 비교하면 다음과 같다.

<표 3> 기상 계측 결과 비교

일시	제주항 파고부이	해양조사원 해양관측부이			제주해경 상황실			실버클라우드 항해자료기록장치	
		풍향	풍속(m/s)	파고(파향)	풍향	풍속(m/s)	파고(m)	풍향	풍속(m/s)
2020.12.29.	파고(m)								
18:30	-	349도 (북북서)	23.8	1.9~2.9 (349, 북북서)	-	-	-	-	-
19:00	1.8~2.3	346도 (북북서)	42.3	2.4~4.0 (346, 북북서)	-	-	-		
19:30	-	345도 (북북서)	32.2	2.5~3.9 (345, 북북서)	북서	18~22	2.5~3.0	약 345도 (북북서)	약 19
20:00	2.2~3.0	343도 (북북서)	47.4	2.8~4.5 (343, 북북서)	북서	18~22	2.5~3.0		

7) 제32명민호 선박소유자는 제32명민호가 성산항을 출항하였을 당시 기상은 양호하였다고 진술하였고, 성산항 인근의 기상청 파고부이(우도, 22469) 정보에 따르면 당시 유의파고는 0.5미터 수준(‘20.12.29. 16:00)으로 양호한 기상상태였음

8) 해상에서 풍속이 초당 14미터 이상이 3시간 이상 지속되거나 유의파고가 3미터를 초과할 것으로 예상될 때 발표

- 4.2.5 제주항 파고부이는 사고해역으로부터 멀지 않은 위치에서 관측된 객관적 정보이나 풍향 및 풍속 등 일부 기상 정보가 부족한 면이 있다. 해양조사원 해양관측부이의 자료는 다양한 기상정보를 포함하고 있으나 사고해역으로부터 다소 거리가 있는 위치에서 측정된 정보이다. 제주해양경찰서 상황실 기상자료는 사고 해역에서 구조활동 중인 함정에서 보고된 정보로써 파고 등을 눈으로 측정하였기 때문에 다소 주관적일 수 있다. 또한 실버클라우드 자료는 풍향과 풍속 자료만 확인할 수 있다.
- 4.2.6 위의 기상 관측 결과자료의 한계 등을 고려하여 종합적으로 판단해보았을 때 사고 당시는 초속 18~22미터 정도의 북서풍이 불고 있었고, 파도는 북북서 방향으로부터 약 2.0~3.0미터 높이(유의파고)로 일고 있었던 것으로 추정된다.

4.3 어선의 피항조치

- 4.3.1 제32명민호는 총톤수 39톤 어선으로 풍랑주의보 시 출항이 제한되는 어선⁹⁾에 해당되지 않는다. 그러나 이 선박이 출항할 당시는 기상악화가 예견된 상황이었으므로 이에 대한 대비를 적절히 한 후 출항하였는지 등을 확인하기 위해 성산항 출항 결정 과정을 검토하였다.
- 4.3.2 선박소유자 진술을 통해, 선박소유자와 선장은 일기예보 등을 통해서 사고 당일 오후에 풍랑주의보가 있을 것임을 예측하고 있었음을 알 수 있다. 선박소유자와 선장은 성산항에서는 기상이 나쁠 때 북서풍에 의해 선박이 방파제쪽으로 밀려 손상이 우려됨에 따라 성산항에서 출항하기로 결정¹⁰⁾하였던 것으로 보인다.
- 4.3.3 피항지 결정은 주로 선장이 하지만 선박소유자 의견도 일부 반영되고 있었고, 성산항을 출항할 당시 선박소유자는 서귀포항을 피항지로 제안하였다고 선박소유자는 진술하였다. 그러나 선장은 최종적으로 한림항을 피항지로 결정하고 이동한 것 같다고 선박소유자는 진술¹¹⁾하였다.

9) 11월 1일부터 다음 해 3월 31일까지의 기간에 풍랑주의보가 발효된 경우에는 총톤수 30톤 미만의 어선은 원칙적으로 출항이 금지됨(「어선안전조업법 시행규칙」제4조제2항)

10) 선박소유자의 진술(선박소유자와 선장과의 통화내용 일부)

11) 선박소유자는 선장이 서귀포항이 선석도 여유가 있고 피항하기 적절하여 서귀포항으로 피항할 것을 제안하였고, 선장도 이에 동의할 것이라 생각하였음

- 4.3.4 2020년 12월 29일 16시 03분경 이 선박이 성산항을 출항할 당시 이미 풍랑 예비특보가 발표(16시 00분)되었다. 그러나 이 선박은 출항 시에 선박의 복원력 강화 등을 위하여 어창 등에 해수를 채우는 등의 조치는 없었다. 선박소유자와 선장간의 통화에서도 기상 악화에 대비하였다는 대화는 없었다.
- 4.3.5 이 선박의 소유자와 선장은 기상이 악화될 것을 예상하고 있었고 어획물 등이 전량 양하된 상태였음에도 불구하고 복원력 등 안전성에 대한 별도의 검토없이 출항을 결정했던 것으로 판단된다.

4.4 전복 원인이 될 수 있는 요인

- 4.4.1 이 전복사고가 제주항 근처 연안에서 발생하였기 때문에 입출항 선박 등 다른 선박과의 충돌이나 저수심 등에 의한 좌초 등에 기인한 것인지 등 전복의 원인이 될 수 있는 다양한 가능성에 대해 검토하였다.
- 4.4.2 먼저 다른 선박과 충돌로 인한 전복 가능성을 검토하기 위해 사고 당시 제주항 및 반경 1.5마일 이내 선박의 자동식별장치 등을 활용하여 항적을 조회하였다. 그 결과 카페리 여객선 실버클라우드호 및 어선 5혜승호 등 26척의 선박이 인근에서 항해 중이었음을 확인할 수 있었다.
- 4.3.3 그러나 제32명민호의 자동식별장치(AIS) 신호가 소실될 당시 사고 선박과 충돌했을 개연성이 있을 것으로 추정되는 선박은 없었다. 실버클라우드호의 항해자료기록장치(VDR)의 레이더 영상에서도 인근에 선박으로 추정되는 물체는 발견할 수 없었다. 따라서 선박 충돌로 인한 전복 가능성은 낮다고 판단된다.
- 4.4.4 좌초 등으로 인한 전복 가능성도 검토하였다. 사고 해역 인근의 해도 등을 확인한 결과, 사고 해역은 제주항 외측 방파제로부터 약 1.1마일 떨어져 있으며, 수심은 약 70미터의 수역으로서 좌초의 가능성도 낮을 것으로 판단된다.
- 4.4.5 따라서 충돌이나 좌초 등으로 인한 전복 가능성은 낮다고 판단된다. 사고 당시 제주도 전 해상에는 기상특보(풍랑주의보)가 발효 중이었으며 사고 당시 강한 바람과 다소 높은 파도가 일고 있었음을 감안할 때 제32명민호는 기상악화에 의한 전복 가능성이 가장 높은 것으로 판단된다.

4.5 복원성 검토

- 4.5.1 충돌이나 좌초 등으로 전복되었을 가능성이 없고, 사고 당시 제주도 전 해상에는 기상 특보(풍랑주의보)가 발효 중이었으므로 제32명민호의 전복은 기상악화에 의한 것으로 추정할 수 있다. 이를 확인하기 위해 선박의 구조(어선 선형 및 구조물 배치), 사고 당시 적재상태 등을 종합적으로 고려하여 이 선박의 복원성을 검토하였다.
- 4.5.2 복원성을 정확히 계산하기 위해서는 적재상태에 대한 정보가 있어야 하는데, 선박에 탑승하고 있던 선원 전원이 사망 또는 실종되어 사고 당시 이 선박에 적재되어있던 연료유, 식수, 주부식 및 어창 적재상태 등을 정확하게 알 수가 없다. 이러한 이유로 선박소유자 진술 및 출항 당시 촬영된 영상자료 등을 바탕으로 선박의 3가지 적재상태를 추정하였다.
- 4.5.3 선박소유자 진술에 따르면 성산항 입항 당시 어창에 적재된 어획물은 약 350상자(상자당 약 20킬로그램)가량이었다. 그러나 이 어획물들은 성산항에서 모두 양하되었다.
- 4.5.4 성산항 입항 당시 어창에는 어획물 외에도 얼음, 해수 등이 적재되어 있었는데, 출항할 때 어창은 완전히 비워져 공창 상태였고 연료유, 부식 및 식수도 대부분 소모된 상태¹²⁾였던 것으로 추정된다.
- 4.5.5 복원성을 계산을 위해 필요한 경하중량 및 무게중심은 유사한 크기.선종 어선의 복원성 계산서를 참조하여 추정하였다. 경하중량 등은 복원성계산서가 있어야 확인이 가능한데, 이 선박은 의무적으로 복원성 계산을 받아야 하는 선박¹³⁾이 아니어서 복원성계산서가 없기 때문이다.

〈표 4〉 유사선박 A를 바탕으로 무게중심 높이 등 추정

선명	유사선박 A호	제32명민호
총톤수	38톤	39톤
선종	저인망어선	저인망어선
전장(LOA)	25.050m	26.810m
수선간장(LBP)	20.250m	21.7m
선폭(Breadth)	5.1m	5.0m

12) 선박소유자는 제32명민호의 출항 당시 어창에 어획물, 해수 등이 없었을 것으로 추정하며, 연료유(2,000리터)와 부식(약 50킬로그램) 및 식수(2,000리터)를 2020년 12월 22일 마지막 보급하였고 과거 사용량을 감안할 때 사고 전 성산항 출항 시에는 거의 다 소모하였을 것으로 추정

13) 길이 24미터 이상의 선박

선명	유사선박 A호	제32명민호
깊이(Depth)	2.25m	2.3m
흘수(Draft from BL)	1.80m	1.86m
배수량(Displacement)	102.575m ³	139m ³
경하중량(Light Ship weight)	64.521MT	70MT
기선에서 무게중심까지 높이(경하상태)	1.215m	1.22m

4.5.6 이 선박의 선수와 선미 갑판상에는 총 무게 약 25톤¹⁴⁾의 윈치가 설치되어 있었음을 선박소유자의 진술에서 확인할 수 있었다. 또한 사고 당시 선수 부근에 약 2톤의 어구 등이 보관되어 있었고, 건조 당시 무게중심을 아래로 낮춰 복원력을 향상시키기 위하여 선저부에는 약 8톤의 시멘트가 들어있는 상태였음을 확인할 수 있었다.

4.5.7 출항 시 촬영된 영상을 보면 선수 부근에 선수창고로 추정되는 구조물이 있었던 것으로 확인되는데, 이는 일반배치도 등 도면에 승인되지 않은 구조물이었지만 사고 당시 상황과 최대한 부합되는 복원성계산 및 검토를 위해 이 구조물을 복원성 계산에 반영¹⁵⁾하였다.

4.5.8 위에서 기술한 상태를 반영하여 제32명민호가 성산항을 출항할 당시 상태를 [조건 1]과 같이 추정하였다.

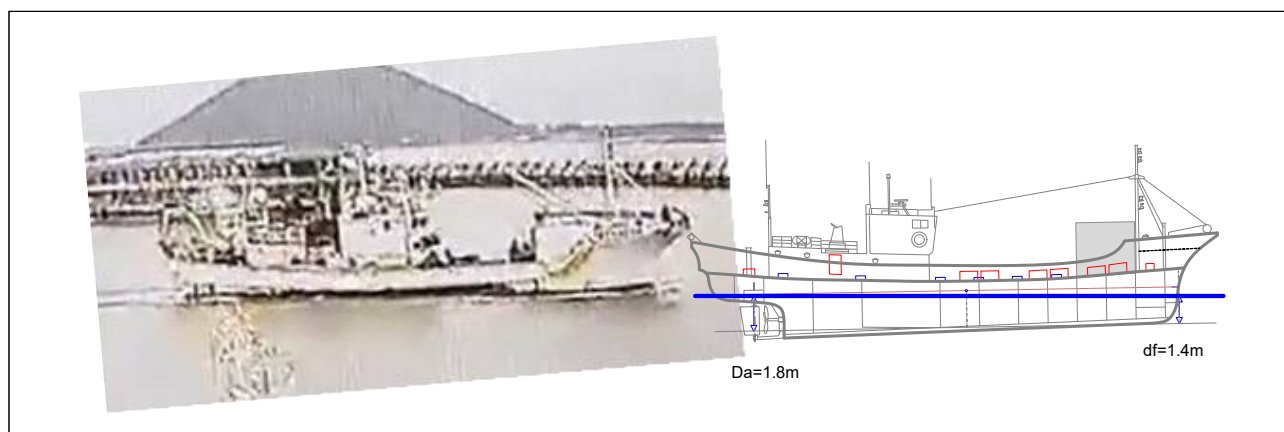
<표 5> (조건 1) 선박소유자 진술 등을 토대로 추정한 출항 당시 상태

배수량	103.14m ³
총 선박 무게	105.72MT
길이방향의 무게중심까지 길이(LCG, from Midship))	-0.6m
기선에서 무게중심까지 길이(VCG, from Base Line))	1.882m
중간 흘수	1.50m
선수미 흘수	1.35m, 1.65m
트림(by stern)	0.30m
횡메타센터 높이(GM, m)	0.816m
유동수 영향을 반영한 횡메타센터 높이(GoM)	0.816m

14) 선박소유자가 제32명민호를 인양하고 잔해를 폐기할 때 실측한 무게

15) 윈치는 상갑판보다 상부에 설치되었으므로 평균적으로 무게중심 높이가 3.5미터일 것으로 추정, 그물은 선수부 구조물에 넣은 것으로 가정하여 무게중심 높이 3미터로 추정

4.5.9 선박소유자 진술에 따라 추정된 흘수와 출항 당시 흘수가 같은지를 확인하기 위해 성산항 출항 당시 촬영된 영상자료에서 나타난 선박의 흘수를 비교하였다. 영상자료에서 흘수는 선수 약 1.4미터, 선미 약 1.8미터로 추정되는 반면 진술을 근거로 도출한 [조건 1]에서는 선수 1.35미터, 선미 1.65미터로 약간의 차이가 있었다.



<그림 13> 출항 영상 사진 및 추정 흘수

4.5.10 이러한 이유로 [조건 1]에서 어창에 해수를 일부 적재¹⁶⁾하여 출항 영상자료와 동일하게 흘수 상태로 조정하였다. 이때 도출된 제32명민호의 성산항 출항 당시 상태는 아래 [조건 2]와 같다.

<표 6> (조건 2) 출항 영상 흘수에서의 상태

배수량	115m ³
총 선박 무게	118MT
길이방향의 무게중심까지 길이(LCG, from Midship)	-0.8613m
기선에서 무게중심까지 길이(VCG, from Base Line)	1.772m
중간 흘수	1.60m
선수미 흘수	1.40m, 1.80m
트림(by stern)	0.40m
횡메타센터 높이(GM)	0.884m
유동수 영향을 반영한 횡메타센터의 높이(GoM)	0.619m

4.5.11 그리고 상기 2가지 조건과 비교 및 대조를 위하여 [조건 3]과 같이 4번 및 5번 어창에 해수를 만재한 상태를 가정하였다. 이때 흘수는 선수 1.65미터, 선미 1.90미터이다.

16) 4번 및 5번 어창에 40% 정도 해수를 적재(약 13톤)

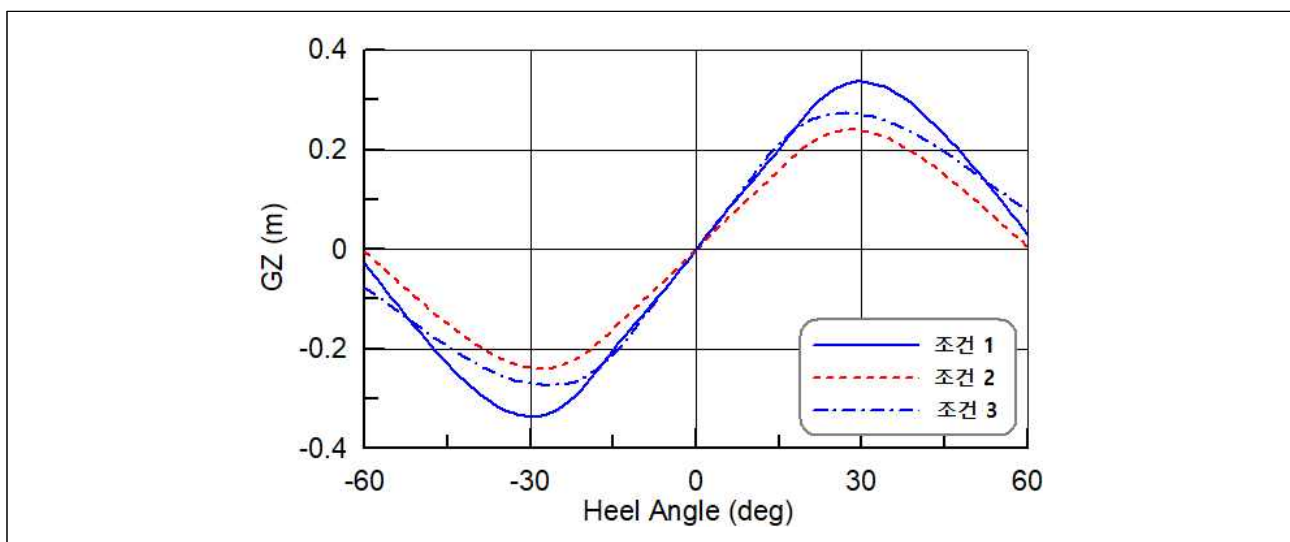
<표 7> (조건 3) 4번 및 5번 어창을 만재한 경우 상태

배수량	133m ³
총 선박 무게	136MT
길이방향의 무게중심까지 길이(LCG, from Midship)	-0.8m
기선에서 무게중심까지 길이(VCG, from Base Line)	1.771m
중간 흘수	1.78m
선수미 흘수	1.65m, 1.90m
트림(by stern))	0.255m
횡메타센터 높이(GM)	0.822m
유동수 영향을 반영한 횡메타센터의 높이(GoM)	0.822m

4.5.12 상기 3가지 조건에 대하여 복원성을 계산하였다. [조건 2]는 어창에 해수가 만재된 상태가 아니므로 유동수에 의한 복원성 감소도 고려하였다. 복원력(GoM)과 복원정 곡선(GZ Curve)은 다음과 같다.

<표 8> 각 조건별 횡메타센터 높이(GoM) 비교

구분	조건 1	조건 2	조건 3
횡메타센터 높이(GM)	0.816m	0.884m	0.822m
유동수 영향 반영 횡메타센터 높이(GoM)	0.816m	0.619m	0.822m



<그림 14> 출항 조건에 따른 복원정 곡선

- 4.5.13 [조건 1]의 경우, 선체 무게 중심의 높이가 다른 조건들보다 높아 횡메타센터 높이(GM)의 크기는 작으나, 해수 등을 적재하고 있지 않아 유동수에 의한 자유표면효과가 없어 복원정 곡선(GZ Curve) 면적이 넓음으로 인해 대체적으로 다른 조건보다 복원력이 좋은 상태라고 볼 수 있다.
- 4.5.14 [조건 2]의 경우, 어창에 해수가 적재되어 무게중심이 낮아졌지만, 어창에 적재된 해수의 자유표면효과로 인해 복원력(GoM)이 다소 약화되는 것으로 나타났다. 전체적으로 복원력은 다른 조건에 비해 상대적으로는 좋지 않다고 볼 수 있다.
- 4.5.15 [조건 3]의 경우, 4번 및 5번 어창에 적재된 해수로 인해 무게중심이 낮아져 횡메타센터 높이(GoM)는 커지지만, 무게가 무거워지고 건현이 낮아짐으로 인해 최대 복원정(GZ)은 작아진다. 다만, GZ의 범위(각도)는 다른 경우보다 넓은 것으로 나타났다.
- 4.5.16 이 선박은 복원성 기준이 적용되지 않기 때문에 관련 규정상 적합성을 판단할 수 없다. 이러한 이유로 표준어선형 복원성 규정과 비교함으로써 적절성을 간접적으로 판단하였다. 그 결과 3가지 조건 모두 표준어선형 복원성 기준의 조건을 충족하는 것으로 나타났다. 즉, 복원성의 부족문제가 전복의 직접적 원인이라고 보기에는 무리가 있다고 판단된다.

〈표 9〉 각 조건별 표준어선형 복원성 기준과 비교

	요구기준치	조건 1	조건 2	조건 3	평가
GoM ¹⁷⁾	0.2222 이상	0.816	0.619	0.822	기준 충족
안전기준선 (최대흘수) ¹⁸⁾	2.0207 이하	1.50	1.60	1.78	기준 충족

4.6 선박운동 분석

- 4.6.1 앞에서 분석한 복원성은 정적인 상태에서의 계산 결과이다. 그러나 사고 당시 제32명민호는 기상악화 상태에서 항해 중이었으므로 당시 기상상황에서 선체동요를 감안하여 안전성을 검토해 볼 필요가 있다.

17) $GoM > 0.117B\left(\frac{B}{D} - 2.20\right) + [1.773\left(\frac{T}{D}\right)^2 - 2.646\frac{T}{D} + 1.016]B$

18) 안전기준선 = $[D_f - M_f]$ [밀리미터]

※ (1) D_f 는 배의 길이 중앙에 있어서 기선으로부터 선측에 있어서의 노출된 최상층의 전통갑판 상면까지의 깊이 [밀리미터], (2) $M_f = 50 + \frac{150 \times L_r}{24}$ [밀리미터]

4.6.2 따라서 3가지 선박상태(조건)에서 사고 당시와 유사한 파도가 들이치는 경우 선박의 동요상태(횡동요, 상하동요, 종동요)를 분석하였다. 앞에서 분석한 바와 같이 파도는 북북서 방향(정우현)에서 오도록 하였고, 파고는 유의파고를 낮은 파고부터 높은 파고까지 즉, 2.0미터에서 3.2미터까지 상향시키면서 동요상태를 분석하였다.

<표 10> 조건 1(선박소유자 진술) 상태에서 선박동요

유의파고 (m)	횡동요 (Roll, deg.)		상하동요 (Heave, m)		종동요 (Pitch, deg.)	
	실효값 (RMS)	유의값 (Significant)	실효값 (RMS)	유의값 (Significant)	실효값 (RMS)	유의값 (Significant)
2.0	2.2920	4.584	0.4779	0.9558	1.6368	3.2736
2.2	2.4447	4.8894	0.5291	1.0582	1.7217	3.4434
2.4	2.5836	5.1672	0.5801	1.1602	1.7981	3.5962
2.6	2.7105	5.421	0.6308	1.2616	1.8671	3.7342
2.8	2.8270	5.654	0.6814	1.3628	1.9299	3.8598
3.0	2.9348	5.8696	0.7318	1.4636	1.9876	3.9752
3.2	3.0347	6.0694	0.7821	1.5642	2.0410	4.082

<표 11> 조건 2(출항영상 홀수)에서 선박동요

유의파고 (m)	횡동요 (Roll, deg.)		상하동요 (Heave, m)		종동요 (Pitch, deg.)	
	실효값 (RMS)	유의값 (Significant)	실효값 (RMS)	유의값 (Significant)	실효값 (RMS)	유의값 (Significant)
2.0	3.3982	6.7964	0.4786	0.9572	1.5801	3.1602
2.2	3.6482	7.2964	0.5299	1.0598	1.6643	3.3286
2.4	3.8764	7.7528	0.5808	1.1616	1.7401	3.4802
2.6	4.0853	8.1706	0.6316	1.2632	1.8086	3.6172
2.8	4.2773	8.5546	0.6821	1.3642	1.8711	3.7422
3.0	4.4549	8.9098	0.7325	1.465	1.9284	3.8568
3.2	4.6193	9.2386	0.7829	1.5658	1.9816	3.9632

〈표 12〉 조건 3(4번 및 5번 어창 만재) 상태에서 선박동요

유의파고 (m)	횡동요 (Roll, deg.)		상하동요 (Heave, m)		종동요 (Pitch, deg.)	
	실효값 (RMS)	유의값 (Significant)	실효값 (RMS)	유의값 (Significant)	실효값 (RMS)	유의값 (Significant)
2.0	2.8337	5.6674	0.4852	0.9704	1.5247	3.0494
2.2	3.0152	6.0304	0.5366	1.0732	1.6095	3.219
2.4	3.1787	6.3574	0.5877	1.1754	1.6859	3.3718
2.6	3.3267	6.6534	0.6384	1.2768	1.7550	3.51
2.8	3.4616	6.9232	0.6890	1.378	1.8180	3.636
3.0	3.5855	7.171	0.7393	1.4786	1.8760	3.752
3.2	3.6994	7.3988	0.7896	1.5792	1.9297	3.8594

4.6.3 분석 결과 사고 당시의 파도는 횡동요에 상당한 영향을 미친 것으로 나타났다. 유의파고 3미터에서 약 5.9~8.9도가량의 횡경사(유의값)를 발생시켰다. 이때 최대 횡경사는 유의값의 두 배이므로 최대 약 12~18도의 횡경사가 발생하였을 것으로 분석되었다. 다만, 이 운동량 분석 결과는 이 선박이 어느 정도 횡경사했는지 알 수 있을 뿐, 횡경사가 전복까지 이어졌는지를 판단하기에는 한계가 있다.

4.7 시뮬레이션을 통한 전복가능성 분석

4.7.1. 사고 당시 파도 등에 의한 전복 가능성을 확인하기 위해 전복 시뮬레이션을 수행하였다. 전복현상은 파도특성이 결과에 많은 영향을 미치므로 가능한 현실적인 파도특성을 반영하기 위해 불규칙해상파를 재현하여 시뮬레이션을 수행하였다. 불규칙해상파는 여러 가지 파도를 무작위로 섞어 재현하였는데, 이때 파고높이에 대한 통계적 특성치(유의파고 높이)는 같지만 실제 만들어지는 파도는 매번 다르다.

4.7.2 전복 시뮬레이션은 3가지 조건에 유의파고 2.0미터, 2.5미터, 3.0미터, 3.5미터의 불규칙해상파를 선박에 작용시켜 각각 10회씩 수행하였다. 파도 방향은 북북서 방향, 즉 어선의 정우현에서 오는 파도가 적용되었다.

4.7.3 시뮬레이션 결과는 각 조건에 따라 아래와 같이 나타났다.

〈표 13〉 조건 1(선박소유자 진술) 상태에서 전복 시뮬레이션 결과

유의파고 (m)	전복확률	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회	9회	10회
2.0	0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.5	30%	-	전복	-	-	-	전복	-	-	전복	-
3.0	70%	전복	전복	-	-	-	전복	전복	전복	전복	전복

〈표 14〉 조건 2(출항영상 홀수)에서 전복 시뮬레이션 결과

유의파고 (m)	전복확률	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회	9회	10회
2.0	0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.5	20%	-	-	-	-	전복	-	-	-	전복	-
3.0	70%	전복	전복	-	전복	전복	-	전복	전복	전복	-

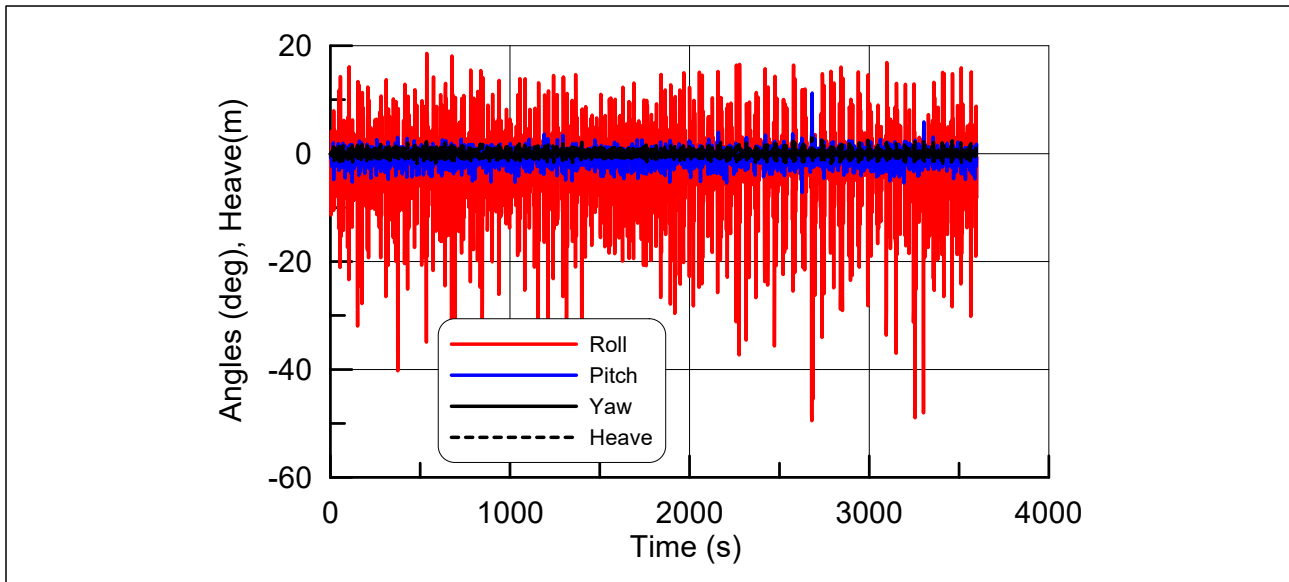
〈표 15〉 조건 3(4번 및 5번 어창 만재) 상태에서 전복 시뮬레이션 결과

유의파고 (m)	전복확률	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회	9회	10회
2.5	0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.0	40%	-	-	전복	전복	전복	-	-	전복	-	-
3.5	80%	전복	전복	전복	전복	전복	-	-	전복	전복	전복

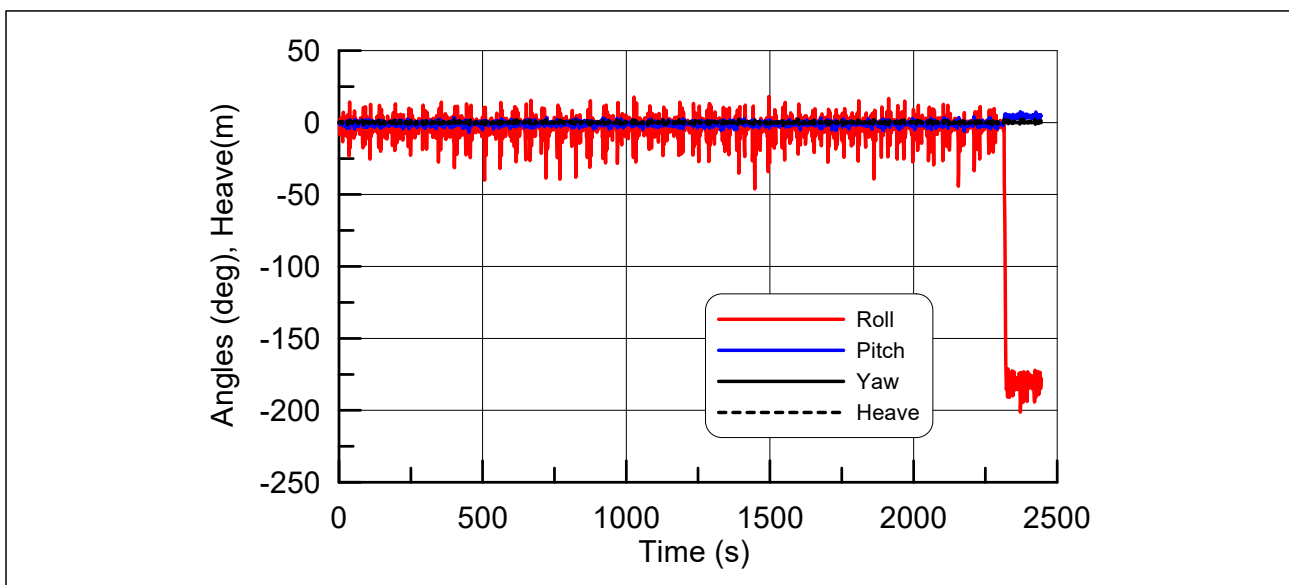
4.7.4 파고가 2.0미터인 경우에는 3가지 모든 조건에서 전복이 발생하지 않았다. 그러나 [조건 1]과 [조건 2]에서는 파고가 2.5미터에서는 각각 30%, 20%의 전복가능성이 있는 것으로 나타났다. 유의파고가 3미터인 경우 [조건 1]과 [조건 2]에서는 70%의 확률로 전복이 발생하였다.

4.7.5 [조건 3]은 유의파고 2.5미터까지는 횡동요가 커지기는 하였으나 전복으로 이어지지 않았다. 그러나 유의파고 3.0미터에서 전복확률이 40%로 나타났으며 3.5미터에서 80%까지 증가하였다. [조건 3]에서 전복확률이 낮아지는 이유는 큰 선체질량으로 인해 관성이 커서 운동량이 작아지고 갑판침입수의 부정적 영향이 상대적으로 작게 작용되기 때문일 것으로 추정된다.

4.7.6 시뮬레이션에서 주목할 점은, 전복되지 않는 경우와 전복되는 경우에 있어 전복 전 선박의 움직임에 차이가 없었다는 점이다. 즉, 전복되기 전 침수 등에 의해 점진적으로 위험한 상황이 만들어지는 것이 아니라, 파도가 불규칙적으로 계속 들어오고 있는 상태에서 갑판유입수, 순간적인 횡동요각, 파도에 의한 횡경사힘 등이 좋지 않은 방향으로 복합적으로 작용하면서 어느 순간 갑자기 전복되는 것으로 나타났다.



<그림 15> 전복되지 않는 경우 거동(조건 1, 유의파고 3미터)



<그림 16> 전복되는 경우 거동(조건 1, 유의파고 3미터)

4.7.7 위와 같은 시뮬레이션 결과를 종합해 볼 때, 유의파고 2.5미터를 넘는 파도를 횡방향에서 맞으며 항해하던 중 전복되었을 가능성이 높은 것으로 판단된다. 이러한 전복은 부정적인 요인들이 동시에 복합적으로 작용하면서 순식간에 발생되었을 것으로 추정된다. 선박소유자의 진술에 의한 적재상태, 영상자료를 토대로 추정한 홀수상태에서도 유사한 결과가 나타났다. 다만, 어창에 해수를 가득 채운 상태인 [조건 3]에서는 다른 경우보다 높은 파도에서 전복이 발생하였다.

section

5

결론

5. 결론

- 5.1 이 사고는 풍랑주의보가 발효된 해상에서 횡방향에서 오는 파도를 맞으며 항해 중이던 제32명민호가 전복되면서 발생하였다.
- 5.2 사고 당시 이 선박은 어획물을 전량 양하한 후 어창 등이 빈 채로 횡파를 받으면서 항해 하였으며, 이러한 상태에서 횡방향의 파도를 맞게 되면 풍랑주의보 발효 기준보다 낮은 2.5미터의 유의파고에서도 전복될 가능성이 있었고, 풍랑주의보 발효기준인 유의파고 3미터에서는 전복될 가능성이 40~70%로 높아지는 것으로 나타났다.
- 5.3 이번 사고는 전복되기 전 침수 등에 의해 위험한 상황이 점진적으로 만들어지면서 발생한 것이 아니라, 불규칙한 파도가 계속 들어오고 있는 상태에서 어느 순간 갑판유입수, 순간적인 횡동요, 파도에 의한 횡경사힘 등이 부정적인 방향으로 복합적으로 작용하면서 순식간에 발생한 것으로 판단된다.

section

6

권고

6. 권고

- 6.1 제32명민호는 총톤수 39톤의 어선으로써「어선안전조업법」에 따라 풍랑주의보에서 출항이 금지된 어선은 아니다.
- 6.2 그러나 이 어선은 풍랑주의보가 발효된 상태에서 항해 중 전복이 발생하였고, 사고원인 조사 결과 어창을 완전히 비우고 횡파를 받으며 항해하는 경우에는 풍랑주의보 기준보다 낮은 유의파고에서도 전복될 우려가 있는 것으로 나타났다.
- 6.3 따라서 선장, 어선소유자는 출항여부를 판단함에 있어 출항통제기준상 출항이 허용되는 어선이라고 해서 안전하다고 확신해서는 안 되며, 복원성 등 본선 특성과 예정항로의 풍속, 파고와 파향 등 기상상황을 종합적으로 판단하여 출항여부를 결정해야 한다.
- 6.4 이를 위해 선장은 평소 조종특성, 동요특성 등을 면밀히 관찰하여 본선 특성을 파악하는 것이 바람직하며, 어선소유자 등은 가능한 경우 전문기관에 의뢰하여 기상에 따른 본선 특성과 한계 등을 파악해 둘 필요가 있다.
- 6.5 아울러 수산업협동조합중앙회(어선안전조업본부)에서는 「어선안전조업법」 등에 따라 시행하는 교육 시에 ‘출항통제기준상 출항이 허용되는 어선이라고 하더라도 본선 특성, 적재상태 등에 따라 기상특보 발효 시 항해하는 것은 위험할 수 있다는 점’을 어선소유자, 선장 등이 충분히 인식할 수 있도록 적극 교육하고, 기상악화 시에 무리하게 운항하지 않도록 지도할 필요가 있다.

표 목차

<표 1> 사고 당시 기상특보 내역	16
<표 2> 기상청 파고부이 관측 결과	28
<표 3> 기상 계측 결과 비교	28
<표 4> 유사선박 A를 바탕으로 무게중심 높이 등 추정	31
<표 5> (조건 1) 선박소유자 진술 등을 토대로 추정한 출항 당시 상태	32
<표 6> (조건 2) 출항 영상 흘수에서의 상태	33
<표 7> (조건 3) 4번 및 5번 어창을 만재한 경우 상태	34
<표 8> 각 조건별 횡메타센터 높이(GoM) 비교	34
<표 9> 각 조건별 표준어선형 복원성 기준과 비교	35
<표 10> 조건 1(선박소유자 진술) 상태에서 선박동요	36
<표 11> 조건 2(출항영상 흘수)에서 선박동요	36
<표 12> 조건 3(4번 및 5번 어창 만재) 상태에서 선박동요	37
<표 13> 조건 1(선박소유자 진술) 상태에서 전복 시뮬레이션 결과	38
<표 14> 조건 2(출항영상 흘수)에서 전복 시뮬레이션 결과	38
<표 15> 조건 3(4번 및 5번 어창 만재) 상태에서 전복 시뮬레이션 결과	38

그림 목차

<그림 1> 제32명민호 일반배치도 및 선박전경(건조 당시)	14
<그림 2> 사고 당시 특보 발표 현황(발표: 16:30 / 발효: 19:00)	16
<그림 3> 제주항 파고부이(기상청)	17

<그림 4> 제주해협 해양관측부이(국립해양조사원)	17
<그림 5> 실버클라우드 항해자료기록장치(VDR)에 저장된 풍속, 풍향	18
<그림 6> 제32명민호의 조업 항적('20.12.22~12.29)	21
<그림 7> 출항 당시 폐쇄회로영상화면(CCTV) 사진	22
<그림 8> 제주항 해상교통관제센터(VTS) 레이더 화면	22
<그림 9> 성산포항 출항 후 항적	23
<그림 10> 선박구조 및 조타실과 선원실	24
<그림 11> 인양된 선체	24
<그림 12> 사고 당시 항적	27
<그림 13> 출항 영상 사진 및 추정 흘수	33
<그림 14> 출항 조건에 따른 복원정 곡선	34
<그림 15> 전복되지 않는 경우 거동(조건 1, 유의파고 3미터)	39
<그림 16> 전복되는 경우 거동(조건 1, 유의파고 3미터)	39

[특별조사 2022-004]



해양사고 특별조사보고서

- 어선 제127대양호 침몰사고 -

사고일자 : 2021.01.23.

공표일자 : 2022.10.07.



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 작성되었으며, 해양사고에 대한 책임을 묻거나 비난하기 위한 근거로 활용될 수 없습니다.

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

Contents

1. 사고 개요	57
2. 사실 정보	61
2.1 선박제원	61
2.2 선박구조	62
2.3 선박검사	62
2.4 선원승무현황	63
2.5 선박운항	63
2.6 기상상태	64
3. 사고 경위	69
3.1 사고 전 항해	69
3.2 사고 발생	69
3.3 수색 및 구조	71
3.4 피해사항	71
4. 사고 분석	75
4.1 사고시간 및 위치	75
4.2 기상상황	76
4.3 복원성 검토	77
4.4 갑판상 해수 유입 가능성	79
4.5 방수구 설치 및 배수 영향	80
4.6 목재덧판의 영향	82

5. 결론	91
6. 권고	95
6.1 상갑판 위 설치된 목재덧판의 위험성 검토	95
6.2 기상악화 상황에서 어창 덮개 고정방안 검토	96

section

1

사고 개요

1. 사고 개요

- 1.1 어획물운반선인 제127대양호는 2021년 1월 23일 06시 20분경 제주도 제주항 북방 해상에서 어획물을 싣고, 부산항을 향해 항해를 시작하였다.
- 1.2 같은 날 15시경 경상남도 통영시 매물도 근처를 지날 때쯤 날씨가 나빠짐을 느낀 선장은 조타실로 올라왔다. 이때 선박은 침로 약 60도, 속력 12~13노트로 항해하고 있었다. 이 해역은 같은 날 11시부터 풍랑주의보가 발효된 상태였다.
- 1.3 15시 30분경, 선수방향에서 오는 파도가 선수를 때리면서 상당량의 해수가 선수를 넘어 갑판으로 유입되었으며 동시에 어창 덮개도 휩쓸려 날아갔다. 해수는 상갑판 위에 설치된 목재덧판을 흘러 선수부 어창에 계속 유입되었다.
- 1.4 선수부 어창의 침수로 인해 선수가 계속 침하하면서 선체가 종경사 되었고, 결국 부력을 잃고 16시 04분경 경상남도 거제시 갈곶도 남동방 0.6해리 해상에서 선체가 침몰하였다.
- 1.5 이 사고 발생에 따라 해양경찰 등에서 구조를 실시하였으나 승선원 10명 중 3명이 사망. 실종되었다.

section

2

사실 정보

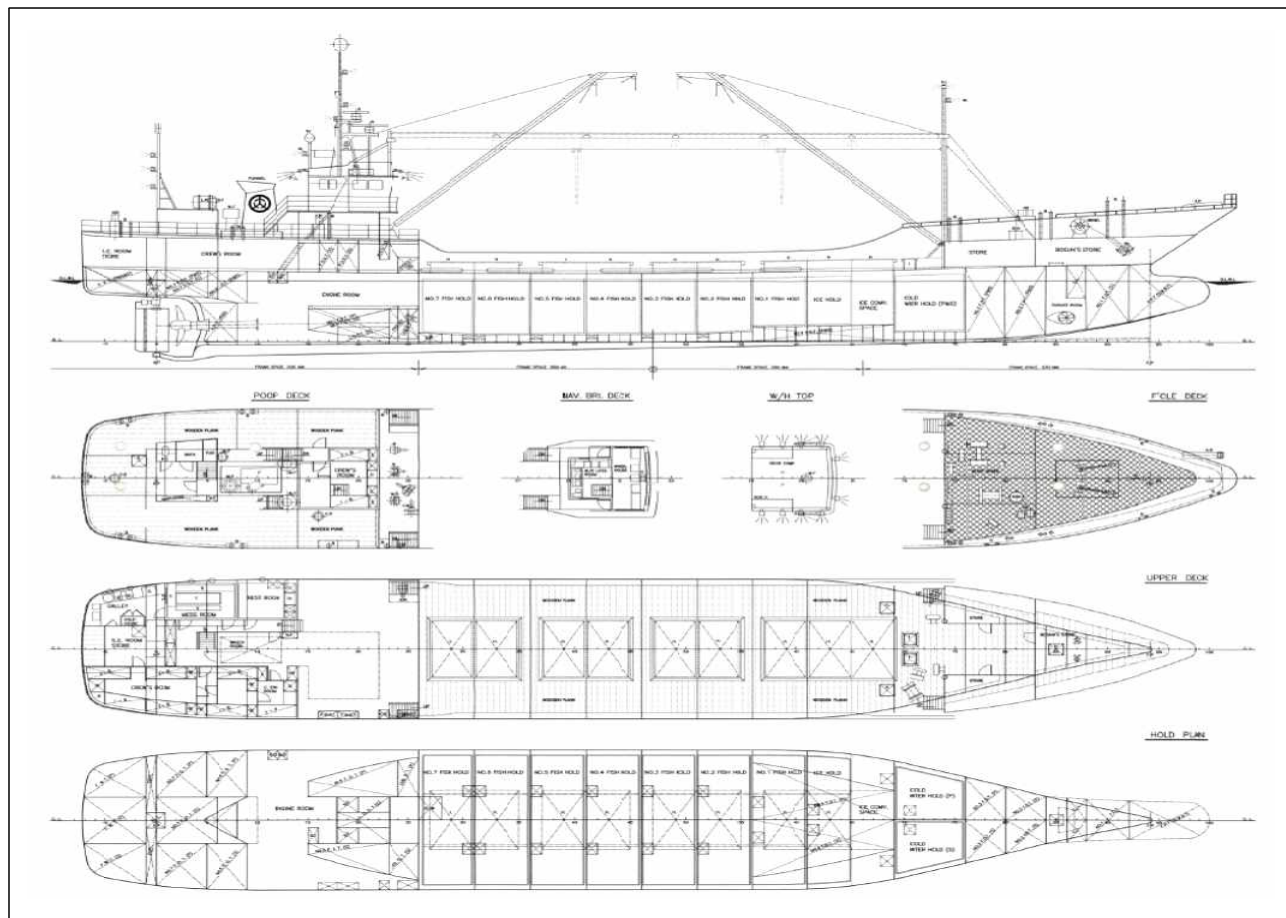
2. 사실 정보

2.1 선박제원

2.1.1 주요 명세

선명	제127대양호
국적	대한민국
선적항	부산광역시 영도구
선박 종류	어선(근해선망어업)
주포획·어획물의 종류	-
조업구역	근해
선박소유자/선박운항자	대양어업(주)
최대승선인원(명)	12
조선자	(주)이쓰츠조선소
건조일(진수일)	1988년 3월 1일
선박검사기관	한국해양교통안전공단
총톤수(톤)	339
길이/전장(미터)	53.50 / 60.40
너비(미터)	9.00
깊이(미터)	4.41
주기관	선박용 디젤기관
최대출력(kW)	2,205
추진기	1(나선일체식)
타	1

2.1.2 제127대양호는 일본 (주)이쓰츠조선소에서 1988년 3월 1일 건조·진수된 근해선망 어선이다. 총톤수 339톤, 길이 53.50미터(전장 60.40미터), 너비 9.00미터, 깊이 4.41미터이며, 최대출력 2,205킬로와트의 선박용 디젤기관 1기가 장치되어 있다.



〈그림 1〉 제127대양호 일반배치도

2.2 선박구조

2.2.1 제127대양호는 선교가 선미에 있는 선박으로 조타실 아래에는 거주구역이 있고 그 밑에는 기관실이 배치되어 있다. 상갑판 아래에는 선수에서 선미방향으로 7개의 어창(No. 1~7)이 있다. 1번 어창 앞에는 얼음탱크, 해수탱크 등이 배치되어 있다.

2.2.2 어창 상부에는 덮개가 있는 어창구가 있고 이 어창구 턱(창구코밍)의 높이는 상갑판으로부터 62센티미터이다. 상갑판 위에는 목재로 만들어진 덧판(이하 ‘목재덧판’이라 한다)이 추가로 설치되어 있는데, 그 높이는 어창 덮개 높이와 거의 같다.

2.3 선박검사

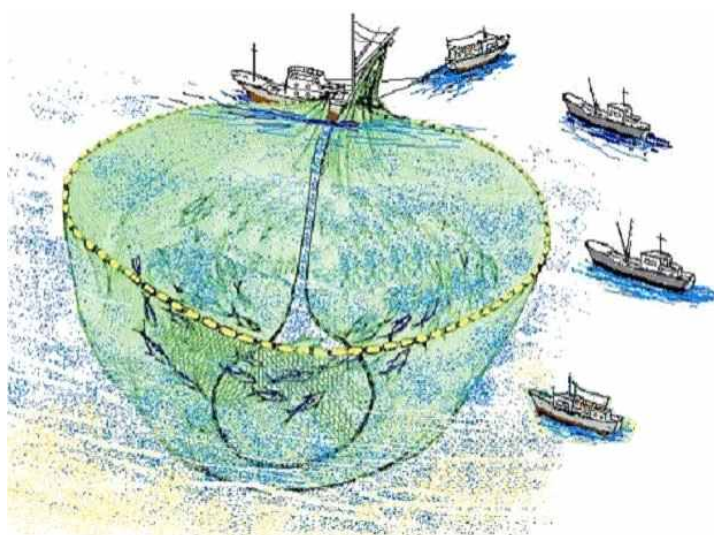
2.3.1 이 선박은 2020년 6월 24일 정기검사에 합격하고, 한국해양교통안전공단으로부터 2025년 6월 23일까지 유효한 어선검사증서를 교부받아 보유하고 있다.

2.4 선원승무현황

- 2.4.1 승무정원 기준에 따라 이 선박에는 각각 6급항해사 면허를 소지한 선장과 1등항해사, 5급기관사 면허를 소지한 기관장, 6급기관사 면허를 소지한 1등기관사가 승선해야 한다. 어선검사증서에 따른 최대승선인원은 12명이다.
- 2.4.2 사고 당시에는 선장, 기관장 등 한국인 9명, 인도네시아 선원 1명으로 총 10명이 승선하고 있었다. 선장과 1등항해사는 각각 5급항해사 면허를 소지하였고, 기관장은 4급기관사, 1등기관사는 5급기관사 면허를 소지하였다.
- 2.4.3 선장은 20여년 이상의 어선 선장 경력을 가지고 있었으며, 제127대양호에서는 약 10년간 선장으로 승선하였다. 1등항해사도 약 10년간 이 선박의 1등항해사로 승선하였다.
- 2.4.4 이 선박의 항해당직은 06~11시, 17~23시는 선장, 갑판장과 외국인 갑판원 등 3명이 수행하고, 11~17시, 23시부터 다음날 06시까지 1등항해사와 갑판원이 수행하였다.

2.5 선박운항

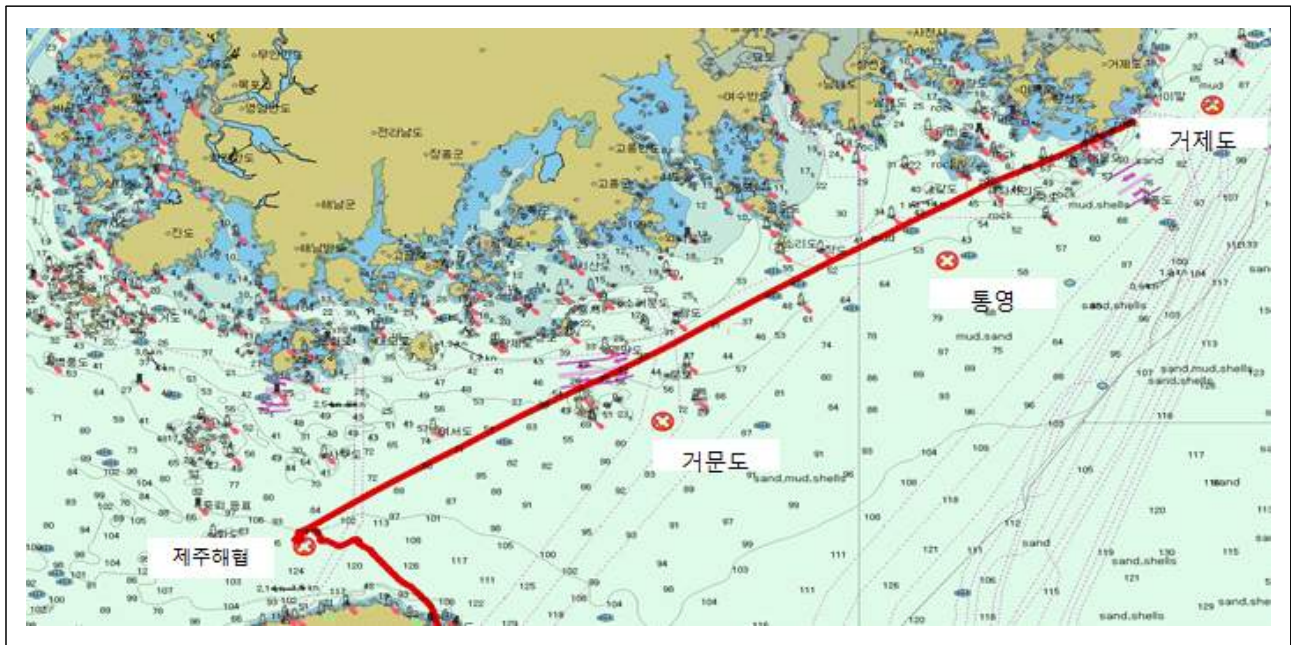
- 2.5.1 제127대양호는 대양어업(주) 소속 선박으로 근해선망어업(대형선망어업)에 종사하였다. 제127대양호는 본선 1척, 등선 2척, 운반선 3척으로 구성된 선단에서 운반선으로 운항되었으며, 포획한 어획물을 현장에서 선적하여 부산항으로 운송하는 것이 주 업무이다.



<그림 2> 대형선망어업 모식도

2.6 기상상태

- 2.6.1 사고가 발생한 ‘거제시 동부 앞바다’ 해역에는 사고 당일인 2021년 1월 23일 11시 00분 부터 풍랑주의보가 발효¹⁾되었다. 남해동부앞바다(거제시동부앞바다), 남해동부먼바다, 제주앞바다(제주도동부앞바다)도 같은 날 11시 00분부터 풍랑주의보가 발효되었다.
- 2.6.2 제주해협 해양관측부이²⁾ 관측자료에 의하면, 제127대양호가 제주를 출발할 당시인 1월 23일 06~07시경에 제주해역의 유의파고는 1미터 정도였다.
- 2.6.3 1월 23일 10시경 거문도 남동측에서 약 8해리 떨어진 해상에 설치된 거문도 기상관측 등부표³⁾에서는 북동풍이 초당 약 10미터 정도로 관측되었고, 북동쪽에서 오는 유의파 고 1.5미터(최대파고 2.5미터) 정도의 파도가 관측되었다.
- 2.6.4 같은 날 13시경 통영 기상관측등부표⁴⁾에서 관측된 풍속은 초당 약 10미터 정도였으나, 점점 강해지고 있었다. 이때 유의파고는 약 1.6미터로 관측되었다.



<그림 3> 선박 이동경로 주변의 기상관측 장비 위치

- 1) 2021년 1월 23일 09시 00분 발표
 2) 북위 33도 42분 00초, 동경 126도 35분 25초
 3) 북위 34도 00분 05초, 동경 127도 30분 05초
 4) 북위 34도 23분 30초, 동경 128도 13분 30초

2.6.5 거제도 기상관측등부표⁵⁾의 관측자료에 의하면, 1월 23일 15시경부터 초당 풍속이 14미터를 넘기 시작했고, 유의파고는 같은 날 13시경부터 3미터를 넘기 시작했다. 사고가 발생한 15~16시경에는 초당 14미터⁶⁾의 북동풍이 불었고, 파고는 유의파고 3~4미터, 최대파고는 4~6미터로 관측되었다.

<표 1> 기상관측 등부표 계측값

일시	거문도 등부표				통영 등부표				거제도 등부표			
2021.1.23.	풍향 (도)	풍속 (m/s)	파향 (도)	유의 파고 (m)	풍향 (도)	풍속 (m/s)	파향 (도)	유의 파고 (m)	풍향 (도)	풍속 (m/s)	파향 (도)	유의 파고 (m)
10:00	67	10.4	62	1.5	55	9.7	080	1.6	42	11.3	81	2
11:00	66	10.7	90	1.8	50	9.9	079	1.8	78	10.9	86	2.1
12:00	58	9.3	86	1.8	53	10.1	072	1.6	74	13.2	98	2.5
13:00	57	9.9	103	1.4	63	10.4	077	1.6	72	13.1	88	3
14:00	56	9.8	78	1.5	71	12.7	080	1.9	73	13.5	91	3.2
15:00	79	12.6	90	1.7	71	12.1	093	2.1	72	14	86	3.2
16:00	79	14	89	2	70	13.3	088	2.6	68	13.9	84	4.1
17:00	75	13.6	102	2.3	66	14.2	086	2.8	65	14.3	86	4.1

2.6.6 한편, 사고 이후 구조과정에서 작성된 상황보고서에 따른 현지기상(1월 23일 17시 30분)은 북동풍 초당 10~12미터, 파고 약 2.0미터였다.

5) 사고 해역에서 약 10해리 정도 동측에 위치해 있음(북위 46분 00초, 동경 128도 54분 00초)

6) 순간최대풍속은 15시경 17.4m/s로 관측되었고, 24시경 20.4m/s까지 강해지다가 다시 약해짐

section

3

사고 경위

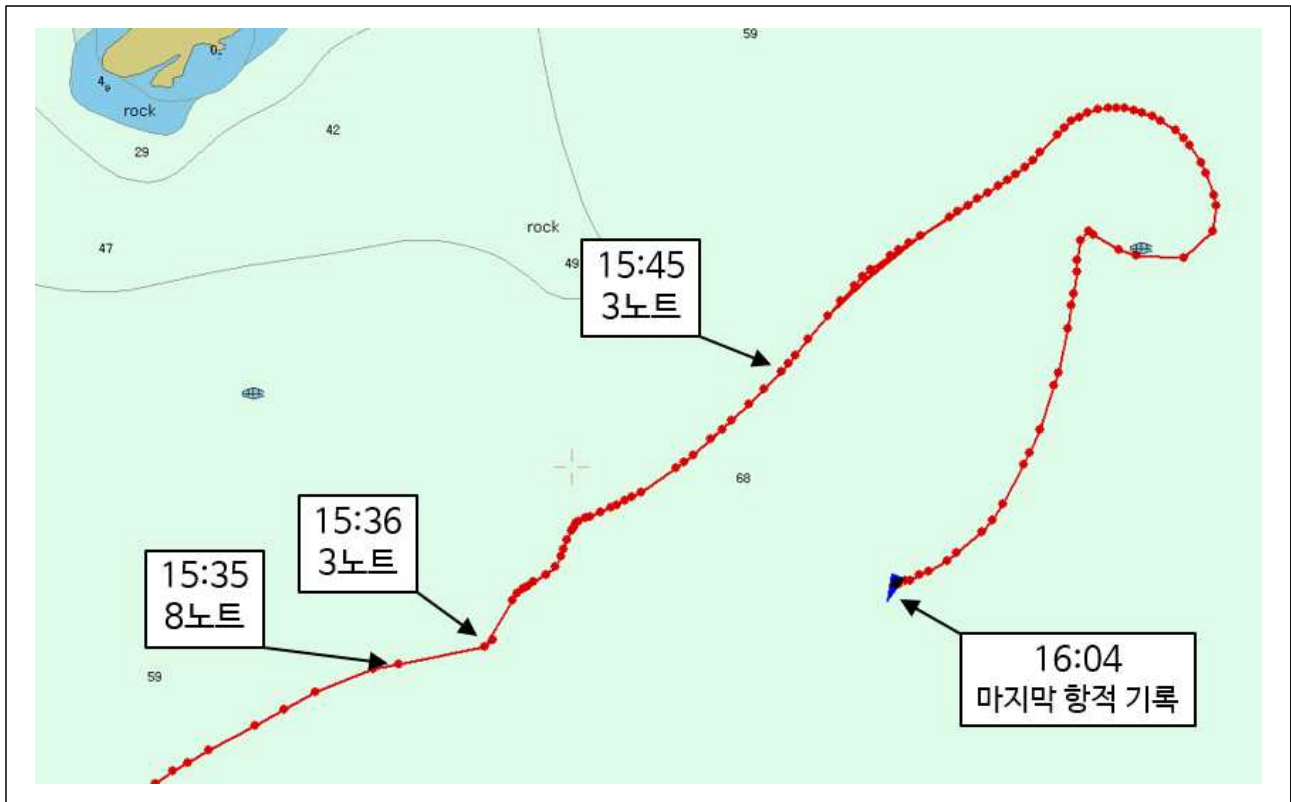
3. 사고 경위

3.1 사고 전 항해

- 3.1.1 2021년 1월 20일 08시 32분, 선원 10명이 승선한 제127대양호는 부산 감천항을 출항하였다. 목적지는 선단선들이 있는 제주도 부근 해상이었다. 감천항 출항 당시 이 선박에는 본선에서 어획물운송 시 사용할 얼음 48톤과 조업선에 전달할 경유 4만리터 및 청수 1.4만리터 등을 적재하고 있었다.
- 3.1.2 제주도 인근 해상에 도착한 이 선박은 제주도 주변에서 조업선과 함께 이동하다가, 제주항 북방 약 11해리 떨어진 해상에서 어획물(고등어, 전갱이) 약 4,500상자(1상자에 약 20킬로그램)를 신고 1월 23일 06시 20분경 부산항을 향해 출발하였다.
- 3.1.3 항해 시작 후 선장은 11시까지 항해당직을 수행하였고, 1등항해사와 교대하여 11시 이후부터는 1등항해사와 갑판원이 항해당직을 수행하고 있었다. 같은 날 15시경 경상남도 통영시 매물도 근처를 지날 때쯤 날씨가 나빠짐을 느낀 선장은 조타실로 다시 올라왔고, 15시 20분경에는 날씨가 급격히 나빠졌다. 이때 이 선박은 침로 약 60도, 속력 12~13노트로 항해 중이었다.

3.2 사고 발생

- 3.2.1 1월 23일 15시 30분경, 항해 중이던 이 선박은 선수방향에서 오는 파도를 맞았고, 이로 인해 어창 덮개 3~4개가 날아갔다. 선수를 넘어 들어온 해수는 갑판 위에 무릎 높이 정도까지 찼다.



<그림 4> 시간대별 항적 및 속도

- 3.2.2 높은 파도로 인해 갑판상에 해수가 계속 차올랐다. 15시 35분경, 선박의 속도가 8노트로 떨어졌고 약 1분 후인 15시 36분경에는 약 3노트까지 떨어졌다. 갑판 위로 올라오는 해수량이 배수되는 양보다 많아 갑판 위에는 해수가 계속 차 있었다.
- 3.2.3 갑판 위로 해수가 계속 들이치자 선장은 1등항해사에게 비상벨을 울릴 것을 지시하였다. 1등항해사는 비상벨을 울린 후 갑판 위 물건 등을 고박하기 위해 갑판원과 함께 선교를 나왔다. 이때부터 선교에는 선장 혼자만 남았다.
- 3.2.4 한편, 갑판장은 선장과 항해당직을 마친 후 침실에서 휴식 중이었다. 비상벨을 듣고 나온 갑판장은 선수가 물속에 잠겨 있음을 보았다. 갑판장은 엄청난 파도에 의해 해수가 정선수와 좌우현에서 넘어들어와 갑판으로 넘쳤고, 해수 유입량이 많아 갑판 방수구가 무의미하다고 느꼈다. 이에 상황이 위급하다고 판단한 갑판장은 선미로 탈출하였다.
- 3.2.5 다른 생존선원도 침실에서 휴식을 취하던 중 비상벨을 듣고 선실 밖으로 나왔다. 이미 선수 갑판에는 물이 가득 찬 상태에서 파도가 계속 선수로 올라오고 있었고 조타실의 바로 아래까지 해수가 올라오는 상황이었다.

3.2.6 한편, 위험을 느낀 1등항해사는 선원들에게 구명조끼를 입으라고 지시하였다. 구명조끼를 입은 선원들은 선미에서 대기하고 있었다. 조타실에 있던 선장은 방송으로 구명뗏목을 터뜨리라고 지시하였다. 1등항해사는 선장의 지시에 따라 구명뗏목을 진수하였다. 그러나 높은 파도로 인해 구명뗏목에 승선하지 못하였고, 선원들은 해수에 휩쓸리기도 하고 뛰어들기도 하였다.

3.3 수색 및 구조

3.3.1 1월 23일 15시 45분, 통영 연안 해상교통관제센터(VTS)는 제127대양호로부터 조난신호(VHF DSC)를 최초로 수신하였다. 최초 접수된 조난신호의 위치는 북위 34도 43분 35초, 동경 128도 41분 34초이다. 한편, 선박자동식별장치(AIS)의 마지막 신호는 16시 04분에 수신⁷⁾되었다.

3.3.2 사고 접수 후 해경함정 등이 현장에 출동하여 구조에 착수하였고, 16시 22분경 해상표류자가 처음 발견되었다. 이후 또 다른 해상표류자가 발견되었고, 16시 38분경까지 승선원 10명 중 해상표류자 7명이 구조되었다. 발견 당시 구조된 선원은 모두 구명조끼를 착용하고 있었다.

3.3.3 나머지 실종자 구조를 위해 해상, 해안가, 항공 수색이 지속 실시되었다. 수색 중 구명뗏목이 발견되었으나 내부에는 아무도 없었다. 이후 잠수사를 활용한 수중 수색을 실시하여, 침몰선박⁸⁾ 조타실에서 실종자 1명(선장)을 2월 5일 수습하였다.

3.4 피해사항

3.4.1 선체는 침몰하였으며 승선원 10명 중 8명이 구조되었다. 그중 초기에 구조된 7명은 생존하였으나, 마지막에 침몰된 조타실에서 발견된 1명(선장)은 사망한 채로 발견되었다. 그 외 2명은 실종되었다.

7) 2021년 1월 23일 16시 08분에는 위성비상위치지시용 무선표지설비(EPIRB)의 조난신호가 수신됨

8) 북위 34도 43분 24초, 동경 128도 41분 36초에서 침몰선박 발견

section

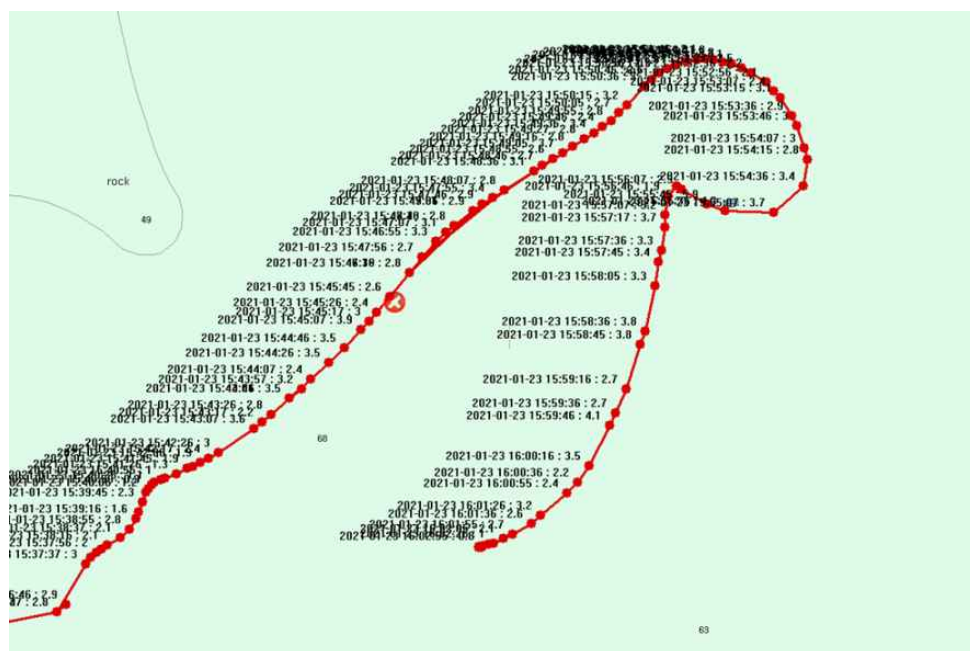
4

사고 분석

4. 사고 분석

4.1 사고시간 및 위치

- 4.1.1 제127대양호에 설치된 자동식별장치(AIS)에서 발신된 신호는 2021년 1월 23일 16시 04분에 마지막으로 수신되었다. 이때 선박의 위치는 북위 34도 43분 25초, 동경 128도 41분 38초였다.
- 4.1.2 마지막 수신 시각으로부터 약 19분 전인 15시 45분에 통영 연안 해상교통관제센터(VTS)에서는 제127대양호로부터 조난신호(VHF DSC)를 수신하였다. 선장은 위험상황임을 인지하고 수동으로 조난신호를 발신하였고, 이후 상황이 더 악화되면서 16시 04분경에 침몰됨과 동시에 자동식별장치 전원도 꺼졌을 것으로 판단된다.
- 4.1.3 따라서 이 선박은 마지막 신호가 수신된 2021년 1월 23일 16시 04분에 경상남도 거제시 갈곶도 남동방 0.6해리 해상(북위 34도 43분 25초, 동경 128도 41분 38초)에서 침몰한 것으로 판단된다.



<그림 5> 조난신호 발신위치 및 최종 침몰위치

4.2 기상상황

- 4.2.1 제127대양호 운항경로의 기상상황을 시간대별로 분석하였다. 1월 23일 06시 20분경 제주도 북방에서 부산항으로 항해를 시작하였다. 이 선박이 항해를 시작한 위치는 제주항에서 약 10해리 떨어진 해역으로, 인근에 설치된 제주해협 해양관측부이⁹⁾ 관측 결과를 볼 때 당시 해상상태는 유의파고 약 1미터 정도의 잔잔한 상태였다.
- 4.2.2 같은 날 09~10시경에는 거문도 북측에서 약 1마일 떨어진 해역을 항해하였다. 이때 거문도 남동측에 설치된 기상관측 등부표에서는 유의파고 1.5미터, 최대파고는 2.5미터로 관측되었다. 등부표의 위치가 선박 위치보다 외해에 위치해 있는 점을 감안하면, 09~10시경 이 선박이 위치한 해역의 해상상태는 등부표에서 관측한 결과와 유사하거나 조금 더 양호한 상태였을 것으로 추정된다.
- 4.2.3 13시경에는 통영 기상관측등부표 북측을 지나고 있었다. 당시 주변해역의 해상상태는 유의파고 약 1.6미터로 관측되었다. 그러나 파고가 높아지는 등 기상은 점점 악화되고 있었다.
- 4.2.4 사고 발생 해역인 거제도 동부 앞바다는 23일 11시부터 풍랑주의보가 발효(09시 발표)되었다. 15시경부터는 초속 14미터를 넘는 바람이 불기 시작했다. 15~16시경 이 해역에서는 유의파고 3~4미터의 높은 파도가 일고 있었다.

〈표 2〉 시간대별 선박 위치 인근 기상 관측값 비교

일시	거문도 등부표				통영 등부표				거제도 등부표			
	풍향 (도)	풍속 (m/s)	파향 (도)	유의 파고 (m)	풍향 (도)	풍속 (m/s)	파향 (도)	유의 파고 (m)	풍향 (도)	풍속 (m/s)	파향 (도)	유의 파고 (m)
2021.1.23.												
10:00	67	10.4	62	1.5	55	9.7	080	1.6	42	11.3	81	2
13:00	57	9.9	103	1.4	63	10.4	077	1.6	72	13.1	88	3
15:00	79	12.6	90	1.7	71	12.1	093	2.1	72	14	86	3.2
16:00	79	14	89	2	70	13.3	088	2.6	68	13.9	84	4.1

- 4.2.5 이 선박이 항해를 시작한 제주도 북방 해상부터 사고 당시까지 항적 주변에서의 해상기상을 분석해보면, 항해를 시작할 때 기상은 양호한 상태였고 사고 당일 오전까지도 파고가 높은 편은 아니었다. 그러나 오후부터 기상이 급격하게 악화되었던 것으로 판단된다.

9) 출항 해역으로부터 약 1해리 정도 떨어진 해역에 설치되어 있음

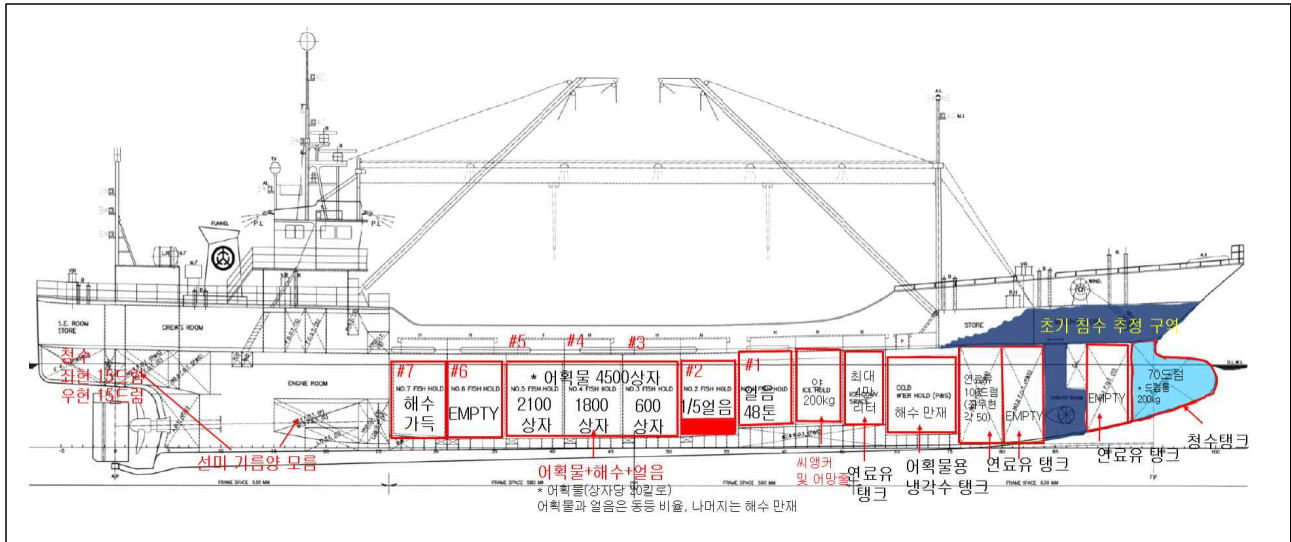
4.3 복원성 검토

4.3.1 사고선박에 복원성 부족 문제가 있었는지를 검토하였다. 복원성 계산을 위해서는 선박 적재상태를 정확히 알아야 하나, 선박은 침몰되었고 선장도 사망함에 따라 사고 당시 이 선박에 적재된 어획물 등의 양을 정확히 확인할 수 없었다. 또한 적재상태에 대한 보고가 없었으므로 회사에서도 사고 당시 적재상태를 정확히 알지 못했다. 따라서 생존 선원 등의 진술을 바탕으로 적재상태를 추정하였다.

4.3.2 생존선원과 육상 직원의 진술에 따르면, 4,500상자의 어획물이 3개의 어창에 분산하여 적재되었다. 어획물이 적재된 어창에는 어획물, 얼음 및 해수가 혼재되어 가득 차 있었다. 진술을 종합하여 추정한 적재상황은 다음과 같다.

〈표 3〉 어획물 등 적재현황 추정

어창 등 구획	적재물	추정중량(MT)	적재율
F.P.T.	청수	14	
NO.1 F.O.T.(C)	-	0	
NO.2 F.O.T.(P)	-	0	
NO.2 F.O.T.(S)	-	0	
NO.3 F.O.T.(P)	경유	0.86(1,000 ℓ)	
NO.3 F.O.T.(S)	경유	0.86(1,000 ℓ)	
COLD WATER HOLD(P)	-	0	
COLD WATER HOLD(S)	-	0	
ICE COMV. SPACE	경유	34.4(40,000 ℓ)	
ICE HOLD	씨앵커, 어망줄	0.2	
NO.1 FISH HOLD	얼음	38	
NO.2 FISH HOLD	얼음	3	
NO.3 FISH HOLD	얼음+해수+어획물 400상자	79	100%
NO.4 FISH HOLD	얼음+해수+어획물 1,900상자	79	100%
NO.5 FISH HOLD	얼음+해수+어획물 2,200상자	79	100%
NO.6 FISH HOLD	-	0	
NO.7 FISH HOLD	해수	67	100%
NO.5 F.O.T.(P)	경유	2.017	30%
NO.5 F.O.T.(S)	경유	1.36	30%
NO.6 F.O.T.(P)	경유	2.383	30%
NO.6 F.O.T.(S)	경유	2.383	30%
NO.7 F.O.T.(P)	경유	2.687	30%
NO.7 F.O.T.(C)	경유	4.493	30%
NO.7 F.O.T.(S)	경유	2.687	30%
F.W.T.(P)	청수	3(3,000 ℓ)	
F.W.T.(C)	-	0	
F.W.T.(S)	청수	3(3,000 ℓ)	
합계		419.33	



<그림 6> 어획물 등 적재현황

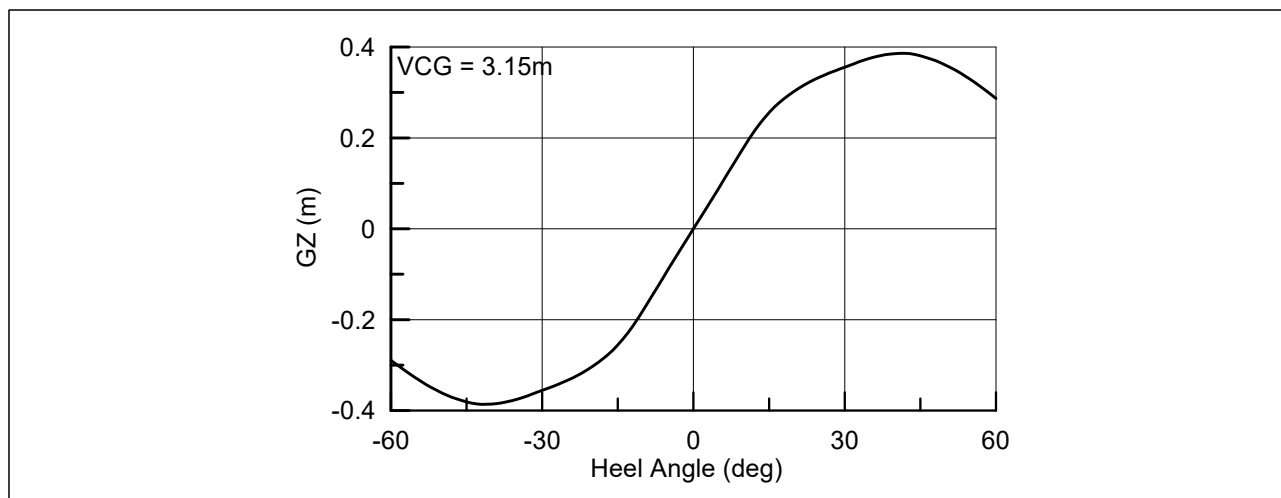
4.3.3 이 적재현황과 이 선박의 복원성 계산서¹⁰⁾에 근거하여 제주도 인근 해상에서 항해를 시작할 당시 흘수를 추정하면, 흘수는 약 3.45미터이고, 선미트림이 약 1.17미터 있었을 것으로 판단된다.

4.3.4 이때의 초기복원성(GoM)은 1.0미터로 나타났다. 이 값은 복원성 기준(어선복원성 및 만재흘수선 기준)인 최소 0.35미터를 만족하는 값이다. 이때의 복원정(GZ)도 산정하였는데, 최대복원정은 횡경사 약 41도에서 나타났다. 25도 이상에서 최대복원정을 가져야 한다는 기준을 만족한다.

<표 4> 복원성 계산 결과

구분		요구 수치	계산 수치	평가
초기 메타센터 높이(GoM)		0.350m 이상	1.0084m	기준 충족
복원정(GZ) 곡선 하부면적	0°-30° 횡경사	0.055m-rad 이상	0.1173m-rad	기준 충족
	30°-40° 횡경사	0.030m-rad 이상	0.0652m-rad	기준 충족
	0°-40° 횡경사	0.095m-rad 이상	0.1825m-rad	기준 충족
30° 횡경사에서의 복원정		0.200m 이상	0.3557m-rad	기준 충족
최대 복원정이 발생하는 횡경사		25° 이상	41°	기준 충족

10) 복원성계산서는 2011년 3월 30일에 한국해양교통안전공단에서 승인함



<그림 7> 복원정 곡선

4.3.5 위의 결과를 볼 때, 이 선박에 적용되는 복원성 기준과 관련한 복원성 부족 문제는 확인되지 않았다.

4.4 갑판상 해수 유입 가능성

4.4.1 복원성 관련 기준에 따른 일반적인 상황에서의 복원성 문제가 확인되지 않음에 따라 사고 당시 해상기상이 사고에 영향을 미쳤을 가능성에 대해 보다 면밀히 검토하였다.

4.4.2 먼저 사고 당시 기상상황에서 이 선박이 어느 정도 동요하였는지를 나타내는 선박 운동량을 분석하였다. 그리고 이 운동량을 기초로 갑판에 해수유입 가능성 등을 추정하였다. 이는 갑판상 해수 유입으로 인한 침몰 가능성을 분석하기 위함이다.

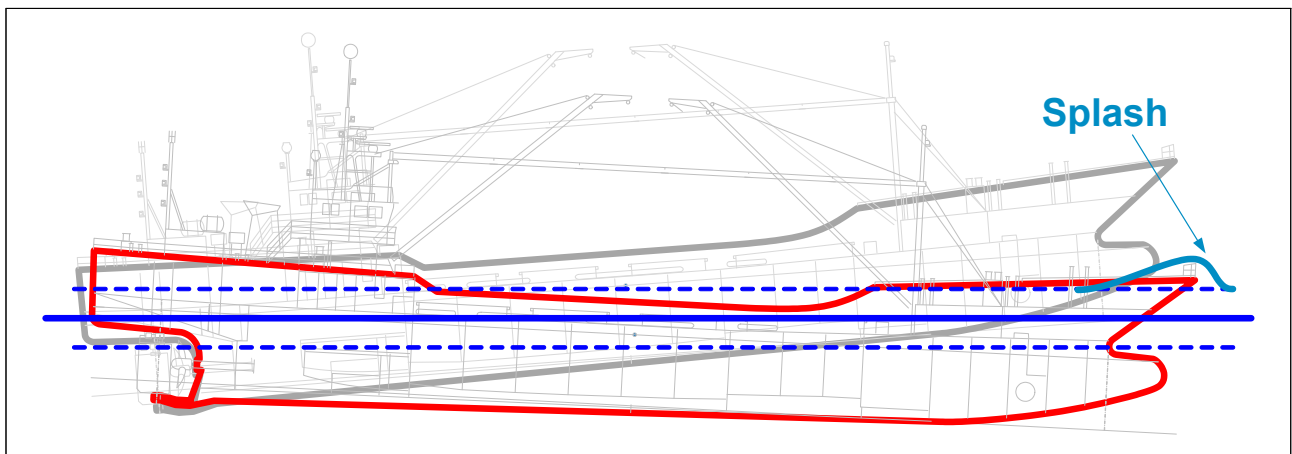
4.4.3 앞에서 분석한 바와 같이 사고 당시 파도는 선수로부터 우측으로 약 20~30도 방향에서 들어오고 있는 상태였다. 유의파고는 약 3미터를 넘었다.

4.4.4 4노트 속력¹¹⁾으로 운항했다고 가정할 경우, 선박의 상하 운동량(Heave)은 약 1.35미터로 나타났다. 선수가 파도로 인해 얼마나 들리는지를 나타내는 종동요(Pitching)는 약 4도로 계산되었다. 운동량이 최대일때는 상하방 각각 약 2.7미터, 최대 종동요도 상하방 각각 약 8도에 달한다. 즉, 가장 낮은 위치부터 가장 높은 위치까지의 상하 운동량은 5.2미터이며, 종동요는 최대 16도에 달하는 것으로 분석되었다.

11) 보수적인 조건을 대입하기 위해 4노트로 가정함

4.4.5 운동량 계산 결과를 바탕으로, 갑판상에 해수가 어느 정도 넘어올 것인지를 추정하였다. 선박 중앙부에서 선수까지 거리(약 30미터), 선수 높이(약 9미터)와 흘수.트림을 고려하면 잔잔한 해면상태에서 선수부 높이는 약 5.5미터이다. 이때 종동요 약 4도에 의한 수직 높이 2.2미터, 상하동요 1.35미터만큼 선박이 하강하게 된다. 이때 유의파고 약 3미터의 파정을 선수에서 맞은 경우를 가정해 보면, 선수에서 해수면의 상대적 높이는 대략 5미터로 계산된다.

4.4.6 해수면 높이(5미터)가 선수부 높이(5.5미터)보다 다소 낮다. 그러나 선체가 운동할 때 선수가 해수면을 치면 물보라, 물튀김 현상이 발생하고, 이로 인해 실제 해수면의 높이는 더 증가하게 된다. 이를 볼 때 해수면이 선수부 상부보다 약 0.5미터 아래 있기는 하지만 상당한 양의 해수가 선수를 넘어 선수갑판으로 넘어오게 되었을 것으로 판단된다.



<그림 8> 선수의 해수 유입 가능성

4.4.7 이는 파도가 선수를 쳤고, ‘물이 올라오더니 어창 덮개 등이 선수갑판에 뚱뚱 떠다니는 것’을 보았다는 1등항해사 진술과도 일치한다.

4.5 방수구 설치 및 배수 영향

4.5.1 사고 당시 상당수의 해수가 선수갑판으로 넘어왔을 것으로 판단되므로, 이 해수를 외부로 배출하기 위해 설치한 방수구와 그 효과를 분석하였다. 다만, 침몰로 인해 방수구 상태를 직접 확인할 수 없었고, 검사기관으로부터 제공받은 자료를 통해서는 정확한 방수구 크기 개수 등을 알 수 없어 사고 선박과 가장 유사한 것으로 판단되는 어획물운반선을 조사하여 방수구 크기, 개수 등을 추정하였다.

<표 5> 유사선박과의 선박 제원 비교

선명	LxBxD(미터)	총톤수	진수일	조선자 ¹²⁾	폐위장소용적 (m³)
제127대양호	53.5x9.0x4.41	339	1988.3.1.	일본 이쓰즈조선소	1,958.083
유사선박 A호	51.15x8.9x4.4	319	1988.3.1.	일본 이쓰즈조선소	1,854.029

4.5.2 그 결과 유사선박 A의 상갑판 선측에는 길이 5미터×높이 0.21미터 1개, 길이 3미터×높이 0.21미터 1개, 길이 2미터×높이 0.21미터 2개 등 4개의 방수구가 설치되어 있었다. 방수구 하단은 상갑판에서 약 0.05미터 높이에 위치하고 있었다.

4.5.3 유사선박의 상갑판 위에도 전체적으로 목재덧판이 설치되어 있었다. 사고선박과 마찬가지로 이 목재덧판의 높이는 어창 덮개 높이와 같았다. 이로 인해 목재덧판 아래에 방수구가 설치되어 있는 구조이다.

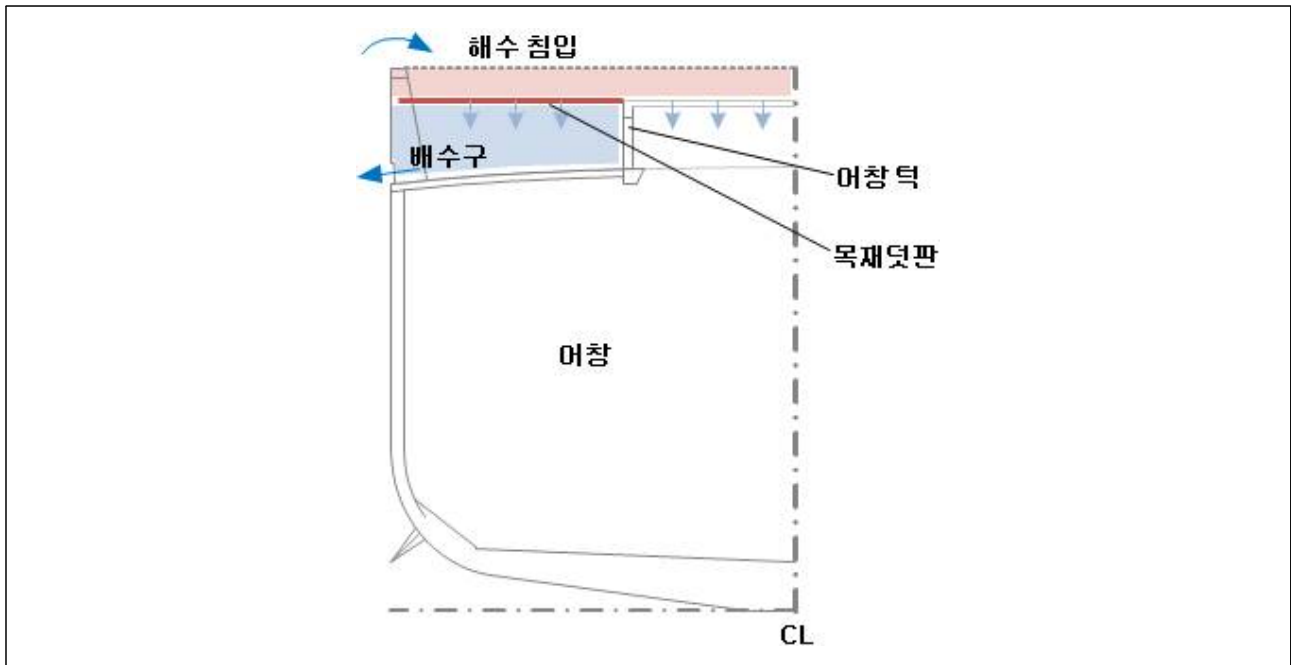


<그림 9> 유사선박의 목재덧판 설치 모습

4.5.4 따라서 파도가 선박으로 넘어오면, 그 해수는 우선 목재덧판 위에 닿게 되고, 목재덧판 사이 틈을 통해 목재덧판 아래 상갑판으로 흘러내려간 뒤 최종적으로 좌우현 방수구를 통해 선외로 배수되게 된다.

4.5.5 제127대양호도 유사한 방식으로 목재덧판이 설치되어 있고, 배수구조도 같을 것으로 판단된다. 이 덧판은 검사항목에 포함되지 않기 때문에 검사기관의 안전성 확인없이 설치된 것으로 조사되었다.

12) 조선자가 다르게 기재되어 있으나 국내 등록과정에서 번역 차이로 인해 발생한 것으로 추정됨



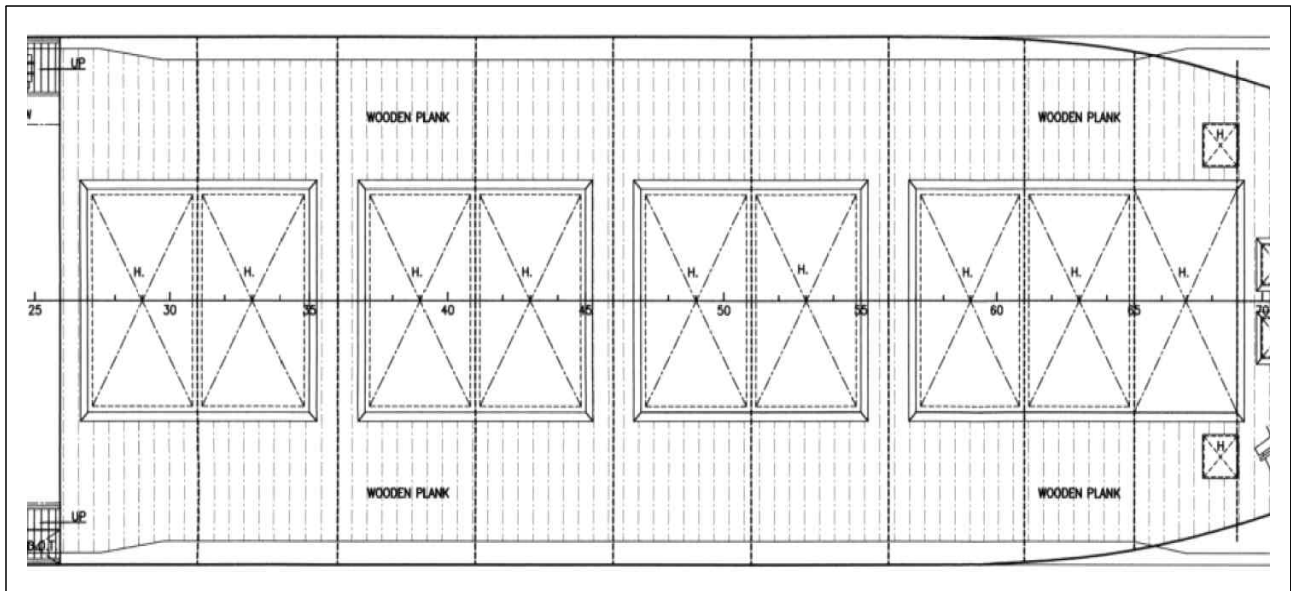
<그림 10> 목재덧판 설치 시 배수방식

4.5.6 이와 같이 방수구가 목재덧판 아래에 있으면 목재덧판으로 인해 방수구가 막혔는지를 확인하기 어렵다. 또한 갑판에 유입된 해수가 목재덧판의 틈을 통해 방수구로 가기 때문에 목재덧판에서 배수가 원활하지 않을 때에는 목재덧판 위로 해수가 쌓일 수 있다. 어창구 턱(창구코밍)의 높이와 목재덧판의 높이가 같으므로 어창덮개가 열려있다면 목재덧판 위에 있던 해수는 어창 안으로 쉽게 유입될 수도 있다.

4.5.7 ‘어창 덮개 등이 뚱뚱 떠 다녔다’는 1등항해사의 진술을 고려하면, 갑판 위에 들이친 해수가 모두 배수되지 않고 상당한 양이 목재덧판 위를 흐르고 있었음을 추정할 수 있다. 다만, 이것이 방수구가 막혀 배수가 불가했기 때문인지 여부는 알 수 없다. 그러나 목재덧판의 틈이 아주 촘촘한 점을 감안하면 방수구가 막히지 않았더라도 해수가 한꺼번에 갑판으로 유입되었다면 방수구를 통한 원활한 배수는 어려웠을 것으로 추정된다.

4.6 목재덧판의 영향

4.6.1 앞서 분석한 바와 같이 사고 당시 해상상태에서는 상당한 양의 해수가 선수로부터 갑판상에 들이쳤을 것으로 판단된다. 목재덧판으로 인해 들이친 해수가 원활히 배수되지 못하고, 상당량의 해수는 목재덧판 위에 존재하고, 또 어창 등으로 유입되었을 것으로 추정된다.



〈그림 11〉 목재덧판 설치 도면

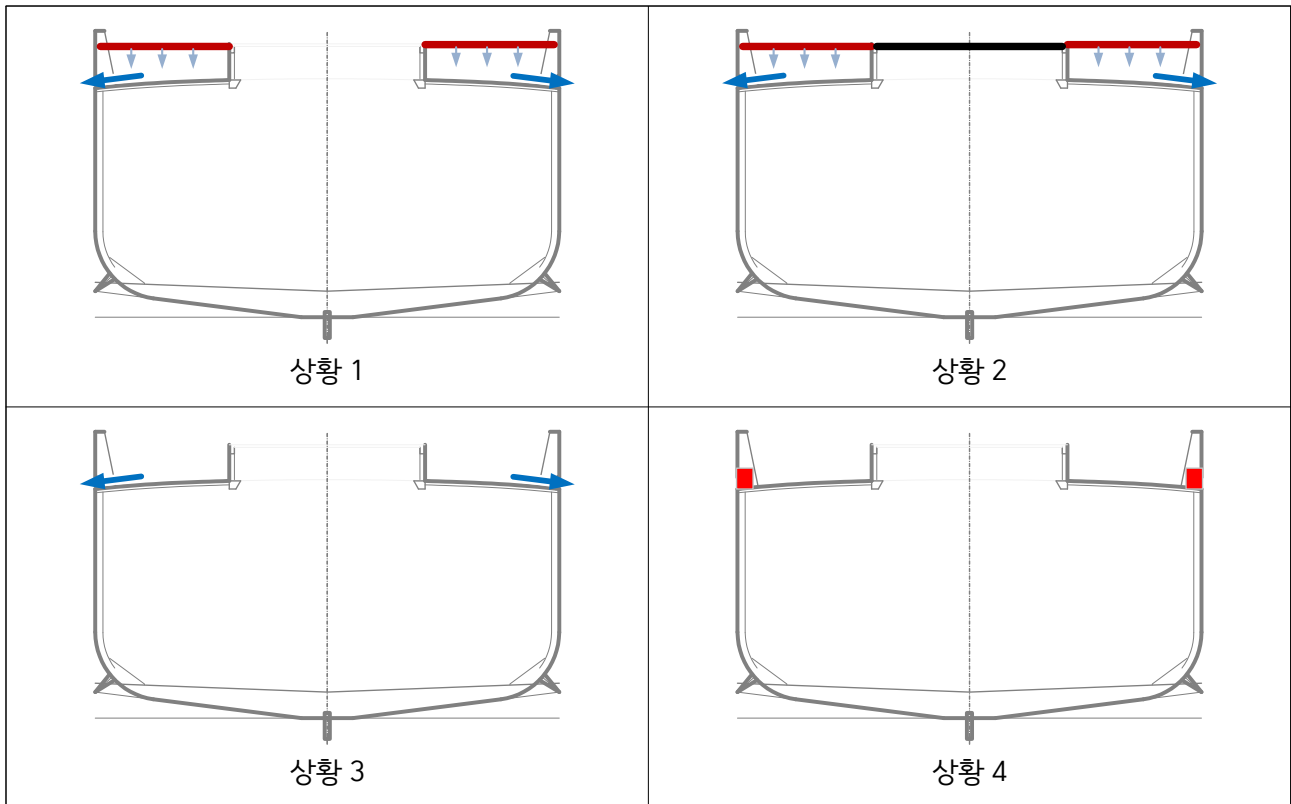
4.6.2. 목재덧판 설치로 인해 발생하는 배수불량, 해수의 어창 유입 등 상황이 제127대양호 침몰의 주요 원인으로 작용했는지 여부를 판단하기 위해 목재덧판 유무, 어창 덮개 유무¹³⁾, 방수구 막힘 등 4가지 상황을 가정하여 시뮬레이션¹⁴⁾을 수행하였다. 이를 표와 그림으로 나타내면 아래와 같다.

〈표 6〉 목재덧판, 어창 덮개 및 방수구 상태

구분	목재덧판	어창 덮개	방수구
상황 1	있음	열림	열림
상황 2	있음	닫힘	열림
상황 3	없음	열림	열림
상황 4	없음	열림	막힘

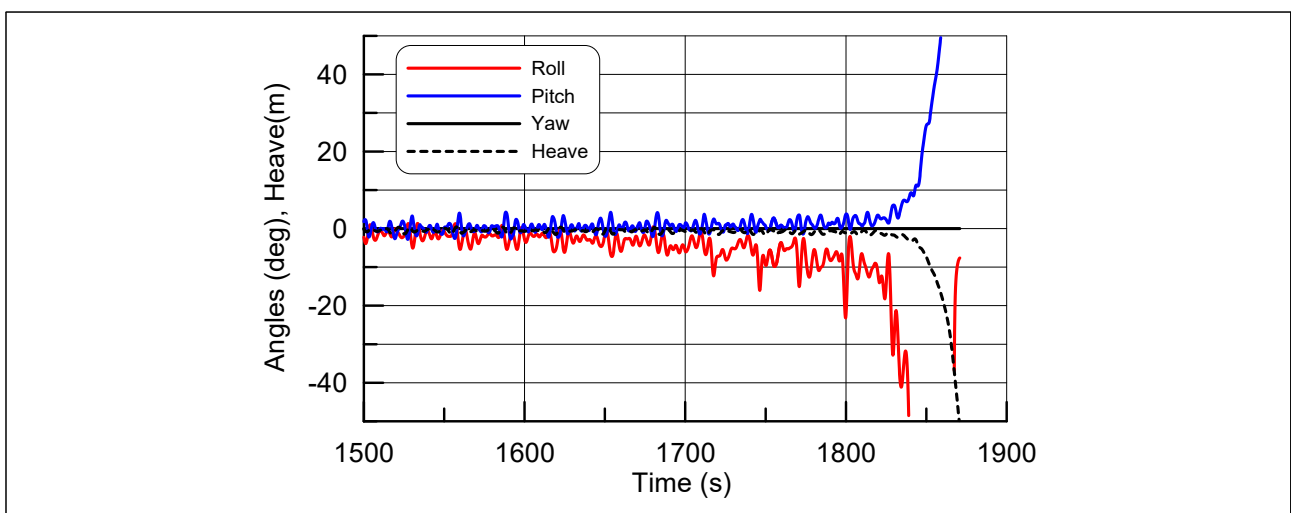
13) 어창 덮개가 떠다녔다는 1등항해사의 진술에 따라 사고 당시에 어창 덮개가 열려있었다는 것을 알 수 있음

14) 선박해양플랜트연구소에 의뢰하여 수행

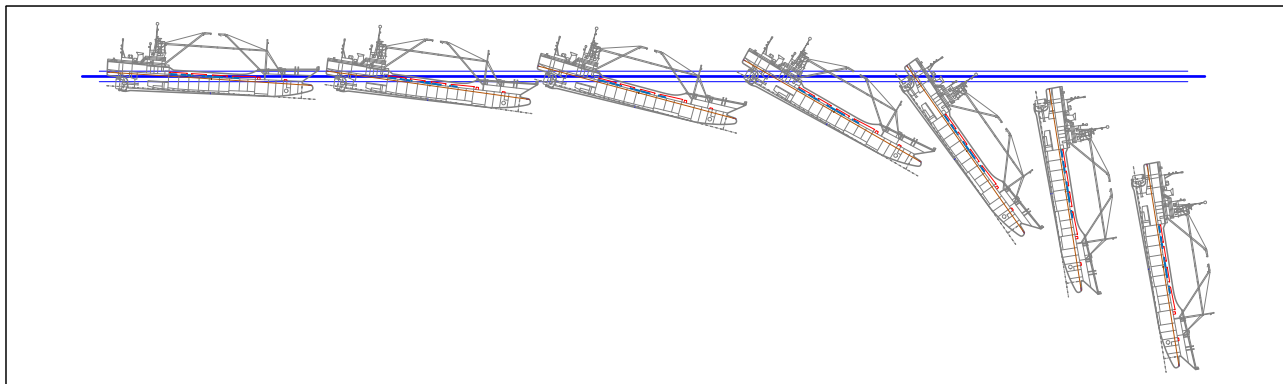


<그림 12> 목재덧판, 어창 덮개 및 방수구 상태

4.6.3 첫 번째 상황은 목재덧판이 있고, 어창 덮개가 열린 경우이다. 방수구는 막히지 않았다. 시뮬레이션 결과 선수부 구획부터 해수가 차기 시작하여, 선수가 아래로 내려가는 종경사가 일어난다. 침수량이 약 50톤 정도 되면 선수부가 해수면 아래로 내려갈 정도로 상당한 종경사가 발생하고 회복하기 어려운 상태가 된다. 이후 선수부 구획들에 다량의 침수가 발생하고 선수부가 계속 침하하면서 결국 침몰에 이르게 된다.



<그림 13> 시간대별 종동요, 횡동요 및 상하동요 추정¹⁵⁾(상황 1)



<그림 14> 침몰자세 추정¹⁵⁾(상황 1)

- 4.6.4 이러한 이유는 목재덧판 위에 있던 해수가 모두 배수되지 않고 열려있는 선수부 어창으로 계속 유입되기 때문인 것으로 분석되었다. 어창구 턱(창구코밍)¹⁷⁾이 있으나, 목재덧판이 어창구 턱(창구코밍)과 거의 같은 높이로 설치되어 있기 때문에 목재덧판 위를 흐르는 해수는 어창 내부로 쉽게 유입된다. 만약, 목재덧판이 없다면, 배수되지 못한 해수가 갑판 위를 흐르더라도 그 양이 어창구 턱(창구코밍) 높이(62센티미터)를 넘기 전까지는 어창 안으로 해수가 유입되지 않는다.
- 4.6.5 두 번째 상황은 목재덧판이 있고, 어창 덮개가 닫힌 경우이다. 방수구는 막히지 않았다. 이때는 50톤 정도의 갑판유입수가 발생하여도 침몰되지 않았다. 일부 해수가 갑판에 쌓이더라도 어창 덮개가 있기 때문에 어창 안으로 해수가 유입되지 않는다. 해수 유입량과 배수 속도로 인해 약 10톤 정도의 갑판유입수가 항상 있는 상태이기는 하나 계속 배수가 이루어지기 때문에 침몰로 이어지지는 않는다.
- 4.6.6 세 번째 상황은 목재덧판이 없고, 어창 덮개는 열린 상황이다. 이때도 방수구는 막히지 않았다. 어창 덮개가 열려 있어도, 배수가 적절히 되고, 갑판에 있는 쌓인 해수의 높이도 어창구 턱(창구코밍)보다 낮기 때문에 어창으로 해수가 유입되지 않는다. 앞에서 기술한 것과 같이 어창구 턱(창구코밍)은 62센티미터이고, 이 높이보다 많은 해수가 갑판에 쌓여야 어창 안으로 해수가 유입될 수 있다.
- 4.6.7 네 번째 상황은 세 번째 상황에서 방수구를 막아 배수가 안 되는 경우를 가정하였다. 세 번째 상황과 같이 목재덧판이 없기 때문에 초기에는 어창이 침수되지 않는다. 그러나 방수구 막힘으로 인해 배수되지 않은 해수는 시간이 경과할수록 갑판 위에 계속 쌓

15) 종동요(Pitch)는 선수가 하방으로 향하면 (+) 값, 상방으로 향하면 (-) 값으로 나타냄

16) 시뮬레이션 수행 1,800초 경과 이후의 선박자세를 나타냄

17) 제127대양호에는 갑판에 흐르는 물이 어창으로 들어가는 것을 막기 위해 62센티미터의 어창구 턱(창구코밍)이 설치되어 있음

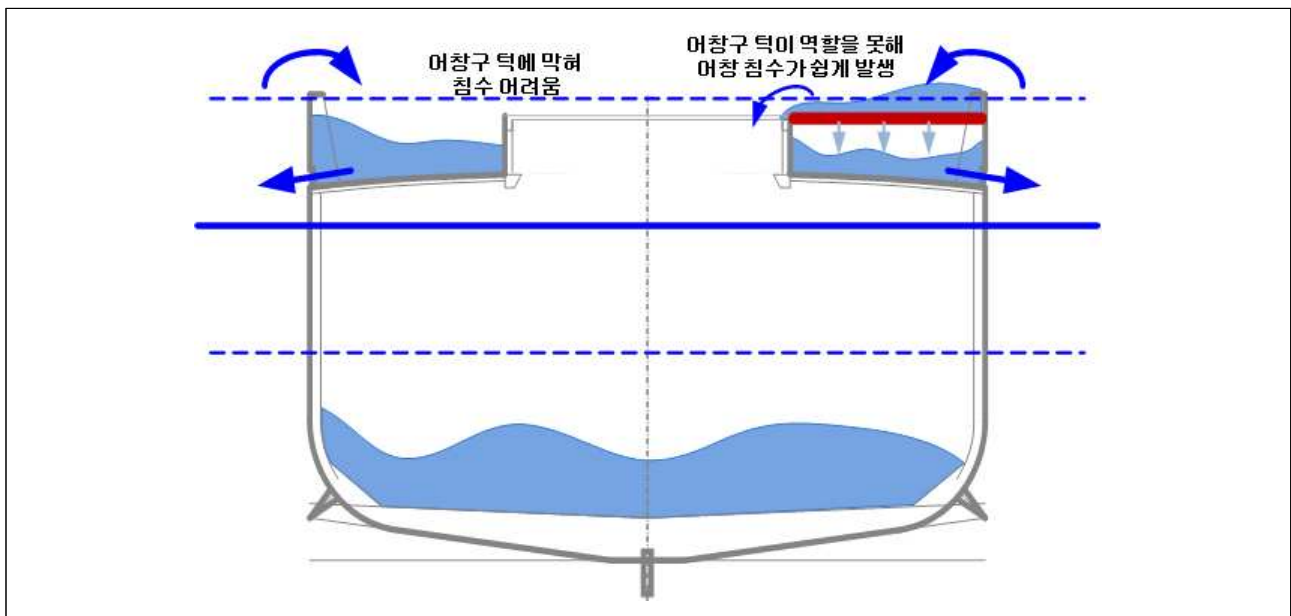
이게 된다. 이 갑판 위 해수는 선박의 무게중심을 높이고, 자유표면효과를 일으켜 복원성을 악화시키게 된다. 결국 횡경사가 시작되고, 해수가 어창으로 조금씩 들어가게 되면서 서서히 침몰에 이르게 된다.

4.6.8 4가지 상황에 대한 시뮬레이션 결과를 종합해 보면, 목재덧판 설치로 인한 위험성을 확인할 수 있다. 목재덧판이 설치되어 있고 어창 덮개가 열려있다면, 갑판 유입수가 어창으로 쉽게 흘러 들어가게 되고 해수의 무게로 인해 선박은 부력을 잃고 침몰에 이르게 된다.

<표 7> 목재덧판, 어창 덮개 및 방수구 상태

구분	목재덧판	어창 덮개	방수구	평가
상황 1	있음	열림	열림	침몰
상황 2	있음	닫힘	열림	-
상황 3	없음	열림	열림	-
상황 4	없음	열림	막힘	서서히 침몰

4.6.9 반면, 목재덧판이 없다면 어창 덮개가 열렸다고 하더라도 쉽게 침몰에 이르지 않는다.¹⁸⁾ 이는 갑판 위 해수가 어창으로 들어가는 것을 어창구 턱(창구코밍)이 막아주기 때문인 것으로 판단된다.



<그림 15> 목재덧판 유무에 따른 어창구 턱 효과
(왼쪽 : 목재덧판이 없는 경우, 오른쪽 : 목재덧판이 있는 경우)

18) 방수구가 막혀 있는 경우에는 서서히 침몰하게 됨

4.6.10 따라서 생존선원이 목격한 상황과 앞의 분석 결과를 종합해 볼 때 상갑판 위에 설치된 목재덧판으로 인해 어창구 턱(창구코밍)이 없어지는 효과가 발생하여 기상악화 시 갑판 위로 넘어온 해수에 의해 어창구 덮개가 휩쓸려 나가게 되었고, 해수가 쉽게 어창안으로 계속 유입됨으로써 선박은 부력을 잃고 결국 침몰에 이르게 되었을 것으로 판단된다.

section

5

결론

5. 결론

- 5.1 이 사고는 제주도 북방 해상에서 부산항으로 항해하던 제127대양호가 풍랑주의보가 발효된 거제도 인근 해상에서 침수되어 선박이 침몰한 사고이다.
- 5.2 사고 당시 해상상태에서 이 선박은 선수에서 오는 파도에 의해 종동요가 상당히 컸고, 이로 인해 많은 양의 해수가 선수를 넘어 선수갑판으로 유입되었다.
- 5.3 이 해수 중 상당량은 상갑판 위에 설치된 목재덧판 위를 흐르면서 선수부에 있는 어창으로 지속 유입되었고, 이로 인해 선수부가 계속 침하하면서 부력을 잃고 결국 침몰에 이른 것으로 판단된다.

section

6

권고

6. 권고

6.1 상갑판 위 설치된 목재덧판의 위험성 검토

- 6.1.1 제127대양호의 경우, 목재로 제작된 덧판이 상갑판 위에 설치되어 있다. 이러한 목재덧판은 어선검사 대상에 해당되지 않으므로 검사기관의 안전성 검토 없이 임의로 설치된 것으로 확인되었다. 이 목재덧판은 갑판상 어업작업 중 어창구 턱(창구코밍) 돌출부로 인한 안전사고가 우려되어 설치한 것으로 추정된다. 그러나 이 목재덧판의 설치가 어창구 턱(창구코밍) 역할과 방수구 개폐상태 확인 등에 부정적인 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단된다.
- 6.1.2 갑판에 유입된 해수가 어창 등 구획으로 쉽게 유입되지 않도록 하기 위해 어창구 턱(창구코밍)은 상갑판보다 높게 설치하도록 규정하고 있다. 그러나 이 선박의 경우, 상갑판 위에 목재를 이용해 어창구 턱(창구코밍) 높이와 같은 높이로 덧판을 설치함으로써 어창구 턱(창구코밍)을 높게 설치하도록 한 규정의 효과가 없어지게 되었다. 이로 인해 갑판 위로 넘어온 해수에 의해 어창구 덮개가 휨쓸려 나가고, 해수가 어창 안으로 쉽게 흘러들어가는 결과를 초래하였다.
- 6.1.3 또한, 갑판에 유입된 해수를 배수하기 위해 각 현에는 방수구를 설치하도록 하고 있다. 방수구 면적은 물이 고이는 웅의 길이 등에 따라 최소 면적이 규정되어 있다. 그러나 상갑판 위에 설치된 덧판으로 인해 상갑판에 있는 방수구가 보이지 않아 평소에 방수구의 정상작동 여부를 확인하기 어려울 수 있다. 또한 방수구가 막힌 경우 방수구를 뚫는 등 조치를 취하기 위해서는 덧판을 제거해야 하는 등 신속한 조치도 어렵다.
- 6.1.4 따라서 해양수산부, 어선검사기관은 상갑판 위에 목재 등으로 된 덧판이 설치된 어선에 대하여, 어창구 턱(창구코밍)으로 얻을 수 있는 안전성 효과의 실질적 감소, 방수구의 막힘 등의 문제가 발생할 소지가 없는지 등 덧판으로 인한 위험성 여부를 검토할 필요가 있다.

6.2 기상악화 상황에서 어창 덮개 고정방안 검토

- 6.2.1 기상악화로 인해 선박이 상하로 동요하게 되면, 잠금장치 등이 없는 어창 덮개가 관성에 의해 쉽게 열릴 수 있다. 갑판으로 넘어온 해수는 덮개가 열린 어창으로 유입되고, 유입된 해수는 어선 침몰 위험성을 높일 수 있다. 특히, 목재 등으로 덧판이 설치된 어선의 경우 해수유입 가능성이 더 높다.
- 6.2.2 따라서 해양수산부는 기상악화 상태에서 어창 덮개가 쉽게 열리는 것을 방지할 수 있도록 목재덧판이 설치된 어선의 어창 덮개에 대한 고정장치 마련 등의 방안에 대해 검토할 필요가 있다.

표 목차

<표 1> 기상관측 등부표 계측값	65
<표 2> 시간대별 선박 위치 인근 기상 관측값 비교	76
<표 3> 어획물 등 적재현황 추정	77
<표 4> 복원성 계산 결과	78
<표 5> 유사선박과의 선박 제원 비교	81
<표 6> 목재덧판, 어창 덮개 및 방수구 상태	83
<표 7> 목재덧판, 어창 덮개 및 방수구 상태	86

그림 목차

<그림 1> 제127대양호 일반배치도	62
<그림 2> 대형선망어업 모식도	63
<그림 3> 선박 이동경로 주변의 기상관측 장비 위치	64
<그림 4> 시간대별 항적 및 속도	70
<그림 5> 조난신호 발신위치 및 최종 침몰위치	75
<그림 6> 어획물 등 적재현황	78
<그림 7> 복원정 곡선	79
<그림 8> 선수의 해수 유입 가능성	80
<그림 9> 유사선박의 목재덧판 설치 모습	81
<그림 10> 목재덧판 설치 시 배수방식	82
<그림 11> 목재덧판 설치 도면	83

<그림 12> 목재덧판, 어창 덮개 및 방수구 상태	84
<그림 13> 시간대별 종동요, 횡동요 및 상하동요 추정(상황 1)	84
<그림 14> 침몰자세 추정(상황 1)	85
<그림 15> 목재덧판 유무에 따른 어창구 턱 효과	86

[특별조사 2022-005]



해양사고 특별조사보고서

- 어선 거룡호 전복사고 -

사고일자 : 2021.02.19.

공표일자 : 2022.10.07.



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. 따라서, 해양사고에 대한 책임을 묻거나 비난하기 위한 근거로 활용될 수 없습니다.

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

Contents

1. 사고 개요	105
2. 사실 정보	109
2.1 선박제원	109
2.2 선박구조	110
2.3 선박검사 및 설비	112
2.4 선원승무현황	113
2.5 선박운항	113
2.6 기상상황	113
3. 사고 경위	119
3.1 사고 전 운항	119
3.2 사고발생	120
3.3 구조 및 피해사항	121
4. 사고 분석	125
4.1 사고시간 및 위치	125
4.2 부력부 증개축 등 개조	126
4.3 복원성 검토	127
4.4 방수구 설치	129
4.5 목제덱판의 영향	130
4.6 횡경사 및 전복 가능성	133

5. 결론	139
6. 교훈사항	143
6.1 상갑판 위 설치된 목재덧판의 위험성 검토	143
6.2 방수구에 대한 관리 강화	144
6.3 운항 시 개관실구 개구부 폐쇄 철처	144

section

1

사고 개요

1. 사고 개요

- 1.1 어선 거룡호는 2021년 2월 19일 03시경 홍계 조업을 위해 구룡포항을 출항하였다. 같은 날 06시 30분경 조업지에 도착하여 양승하던 중 14시에 풍랑주의보가 발표(17시 발효)되었다. 양승 후 다시 투승하지 못한 통발을 선수 좌현 갑판에 쌓아둔 채 17시 45분경 구룡포항으로 귀항하기 위해 항해를 시작했다.
- 1.2 귀항 중 기상이 점점 악화되어 선수 일부가 침수되었고, 선체는 좌현으로 기울었다. 기관실로 비가 내리듯이 해수가 유입되었고, 이때 주기관과 발전기는 정지되었다.
- 1.3 선원들은 선수 좌현에 있는 통발을 버리기 시작했으나 이 선박은 좌현으로 더 기울었고 결국 2021년 2월 19일 18시 45분경 북위 35도 46분 32초, 동경 129도 58분 56초 해상에서 전복되었다.
- 1.4 이 선박에 승선 중인 선원 6명 중 5명이 사망 또는 실종되었다. 사고 선박은 구룡포항으로 예인된 후 인양되었다.

section

2

사실 정보

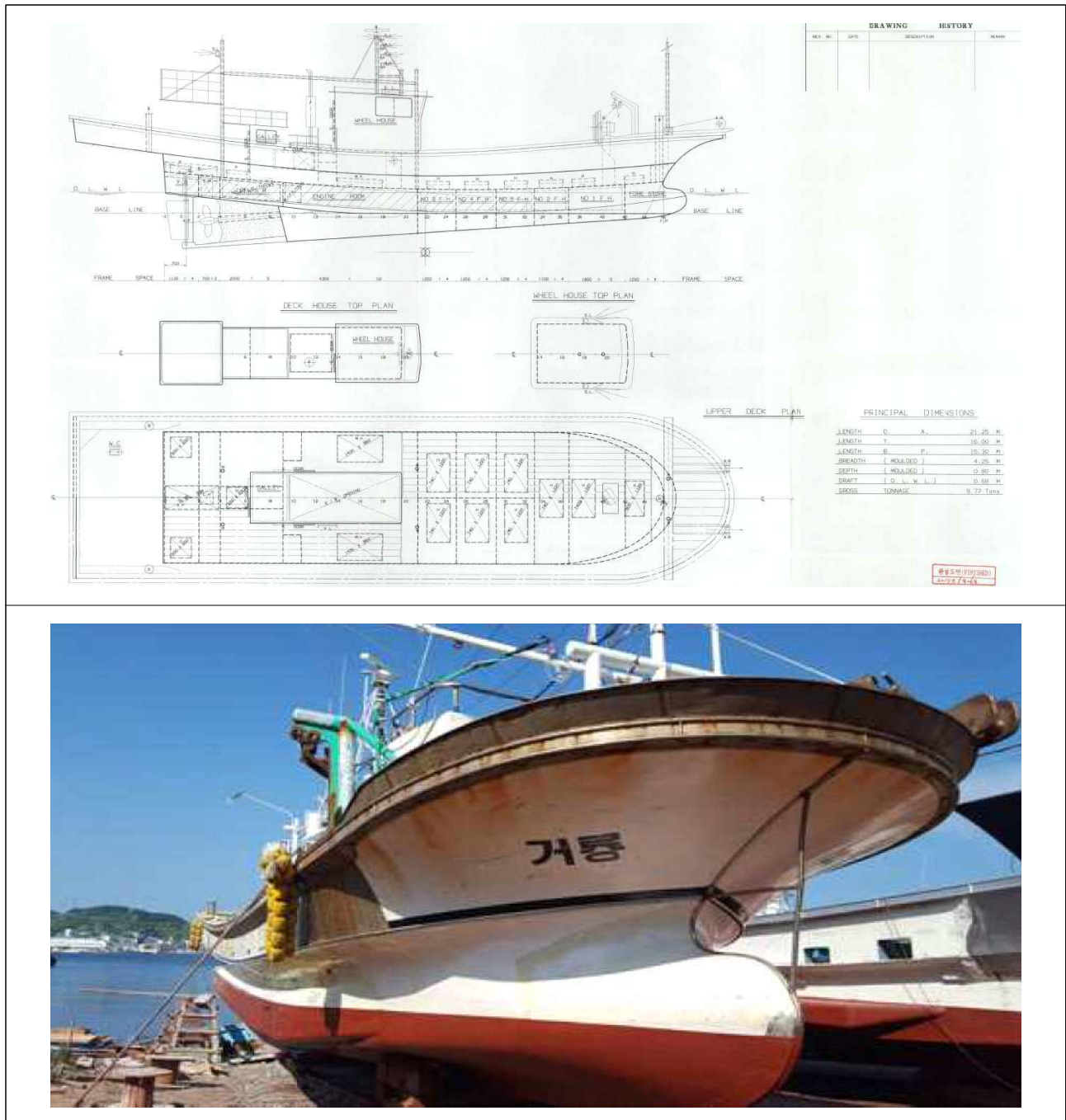
2. 사실 정보

2.1 선박제원

2.1.1 주요 명세

선명	거룡호
국적	대한민국
선적항	경상북도 포항시 구룡포읍
선박 종류	어선(연안통발어업)
주포획·어획물의 종류	홍게
조업구역	경상북도 해역
선박소유자/선박운항자	전○○ 외 1인
최대승선인원(명)	10
조선자	대일FRP조선소
건조일(진수일)	2017년 5월 25일
선박검사기관	한국해양교통안전공단
총톤수(톤)	9.77
길이/전장(미터)	15.30 / 21.25
너비(미터)	4.25
깊이(미터)	0.79
주기관	선박용 디젤기관
최대출력(kW)	515
추진기	1(나선일체식)
타	1

2.1.2 거룡호는 전라남도 여수시 돌산읍 소재 대일FRP조선소에서 2017년 5월 25일 건조·진수된 강화플라스틱(FRP) 재질의 연안통발 어선이다. 총톤수 9.77톤, 길이 15.30미터(전장 21.25미터), 너비 4.25미터, 깊이 0.79미터이며, 최대출력 515kW의 선박용 디젤기관이 1기가 장치되어 있다.



<그림 1> 거룻호 일반배치도 및 전경

2.2 선박구조

2.2.1 거룻호는 선미에 선교가 있는 선박으로, 선교 앞쪽으로 창고, 어창 등으로 구획되어 있다. 어창은 1번부터 5번으로 나뉘어 상갑판 하부에 위치하고 있다. 1번과 2번 어창은 좌우 구분없이 중앙에 위치하고 있으나, 3번부터 5번까지 어창은 좌현 어창과 우현 어창으로 각각 구획이 나뉘어 있다.



〈그림 2〉 어창 배치

2.2.2 상갑판 위에는 목재로 된 덧판(이하 ‘목재덧판’이라 한다)이 추가로 설치되어 있다. 이 목재덧판은 상갑판 위 약 0.47미터 높이¹⁾에 설치되어 있다.

2.2.3 상갑판과 목재덧판 위에는 방수구가 각각 설치되어 있다. 상갑판에는 가로 약 0.16미터, 세로 약 0.05미터 크기의 타원형 방수구가 좌현과 우현에 각각 7개씩 있다. 목재덧판에도 좌현과 우현에 각각 가로 약 0.24미터, 세로 약 0.10미터의 타원형 방수구²⁾가 설치되어 있다. 방수구에는 철재로 된 거름판이 설치되어 있다.

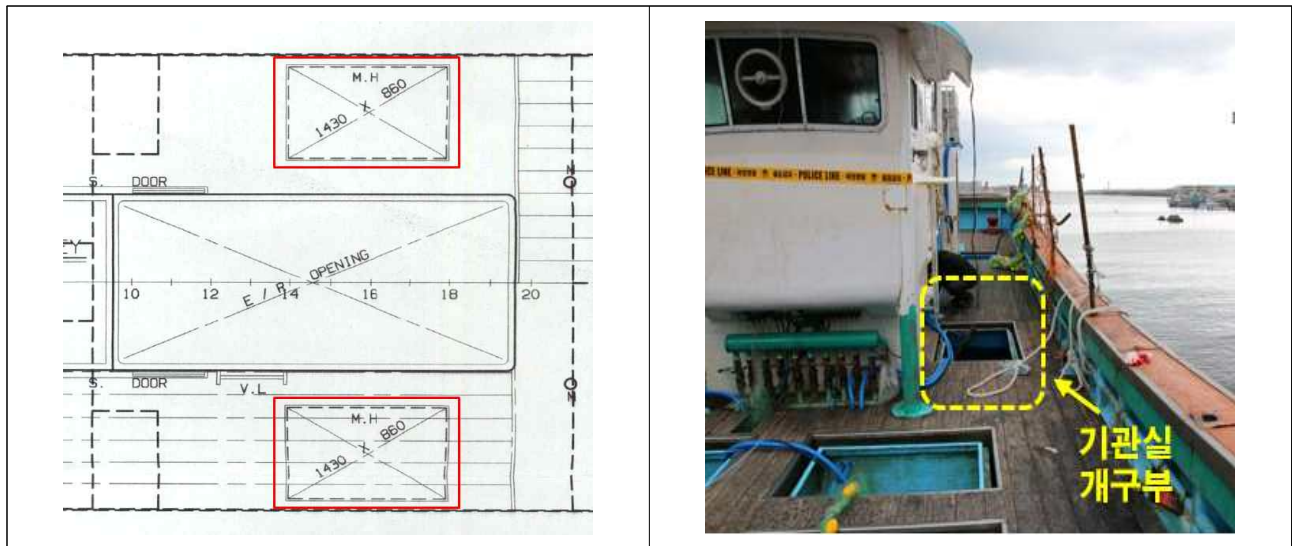


〈그림 3〉 방수구 배치

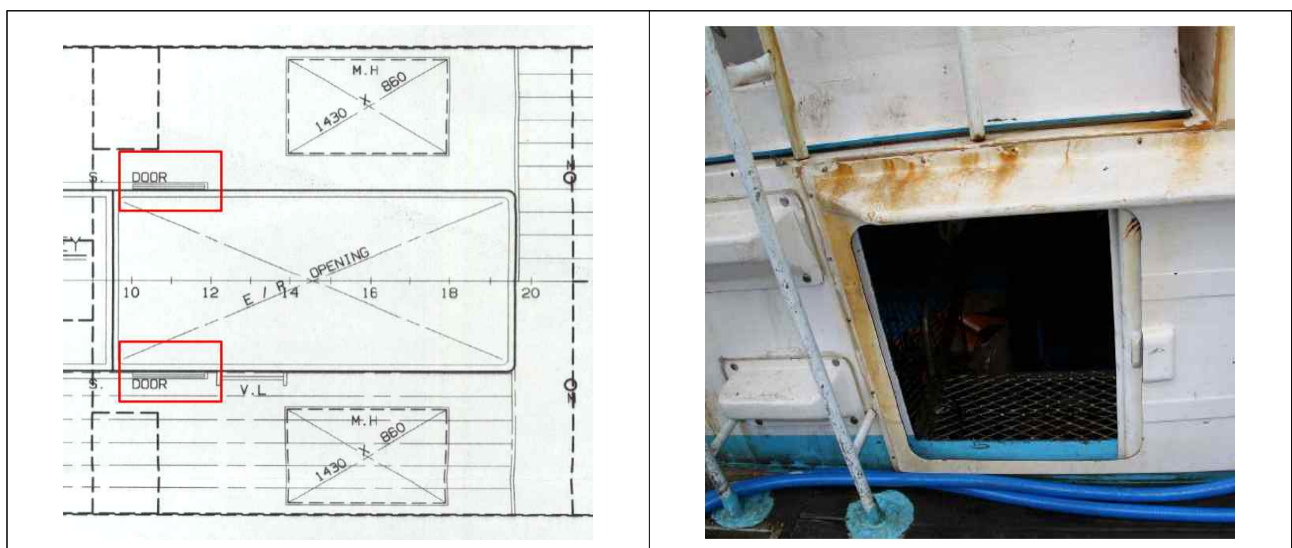
2.2.4 선미 조타실 상갑판 좌현과 우현에는 약 1.43미터 × 약 0.86미터의 기관실구 개구가 각각 설치되어 있으며, 이 개구 덮개 상단과 목재덧판의 높이는 같다. 또한 기관실구 위벽에는 미닫이 방식의 약 0.62미터 × 약 0.72미터 크기의 기관실 출입문이 좌현과 우현에 각각 설치되어 있다.

1) 선체 중앙부 기준

2) 우현 방수구 중 1개는 타원형이 아니라 가로 약 0.32미터, 세로 약 0.24미터의 사각형 방수구가 설치되어 있음



<그림 4> 상갑판 위 기관실구 개구부



<그림 5> 기관실구 위벽에 설치된 출입문

2.3 선박검사 및 설비

- 2.3.1 이 선박은 건조 후 한국해양교통안전공단으로부터 최초 정기검사에 합격하고 2017년 5월 26일부터 2022년 2월 25일까지 유효한 어선검사증서를 교부받았다. 2020년 8월 31 일에는 1종 중간검사에 합격하였다.
- 2.3.2 2021년 2월 18일에는 표준어선형으로 변경을 위한 도면승인(변경)을 받기 위해 한국해양교통안전공단에 도면승인(변경)신청서를 제출하였다. 사고 당시까지 해당 도면은 승인되지 않았다.

2.3.3 이 선박에 설치된 주요 항해장비는 항해용레이더, 휴대용 자기컴퍼스, 위성항법장치, 어선위치발신장치 등이 있으며, 구멍조끼는 10개가 비치되어 있다.

2.4 선원승무현황

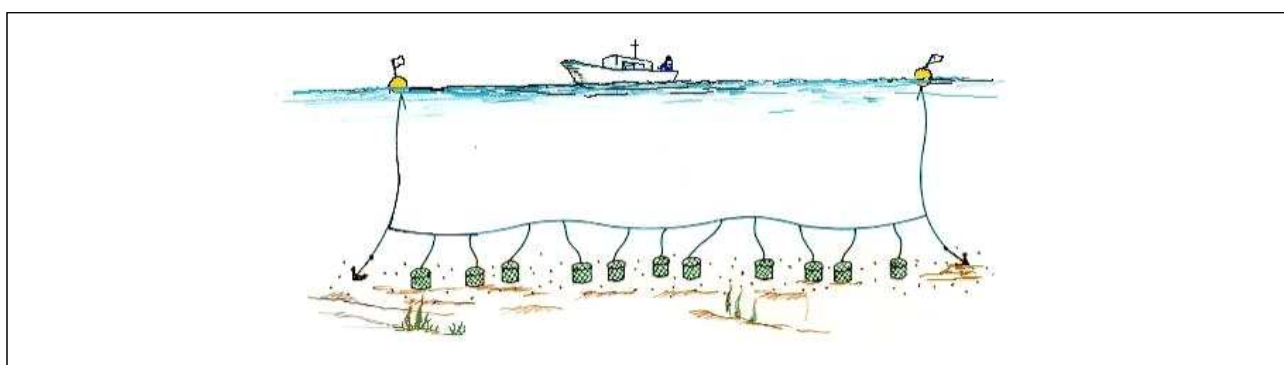
2.4.1 승무정원 기준에 따라 이 선박에는 소형선박조종사 면허를 소지한 선박직원 1명이 승선해야 한다. 어선검사증서에 따른 최대승선인원은 10명이다.

2.4.2 2021년 2월 19일 03시경 구룡포항을 출항할 당시 이 선박은 선장을 포함한 한국인 2명, 중국인 1명, 베트남인 3명으로 총 6명의 선원이 승선하고 있었다.

2.4.3 선장은 이 선박의 소유자이며, 2023년 9월 18일까지 유효한 소형선박조종사 면허와 2023년 9월 12일까지 유효한 6급항해사 면허를 소지하고 있었다.

2.5 선박운항

2.5.1 연안통발어업으로 허가를 받은 이 선박은 경상북도 연안에서 통발을 이용하여 홍게를 주로 포획하는 선박이다. 연안통발어선은 통발을 투승한 후 귀항하고, 며칠 후 다시 조업지로 나가 통발에 잡힌 홍게 등을 통발에서 꺼내는 방식으로 조업을 한다.



<그림 6> 연안통발 조업모식도

2.6 기상상황

2.6.1 전복사고가 발생한 해역은 기상청 해상예보구역 구분상 동해남부북쪽면바다에 해당된다. 이 해역에는 2021년 2월 19일 17시부터 풍랑주의보가 발효되었다. 이 풍랑주의보는 2021년 2월 19일 14시에 발표³⁾되었다.

특보	수준	발표시각	발효시각	해제예고	해당 지역
풍랑	주의보	2021.02.19. 21:00	2021.02.19. 21:00	20일 새벽(03시 ~ 06시)	서해남부북쪽면바다
			2021.02.20. 00:00	20일 오후(12시 ~ 15시)	동해남부앞바다(울산앞바다), 남해동부앞바다(부산앞바다, 거제시동부앞바다)
				21일 저녁(18시 ~ 21시)	남해동부면바다
		2021.02.19. 16:00	2021.02.19. 18:00	22일 새벽(03시 ~ 06시)	동해남부남쪽면바다
		2021.02.19. 15:00	2021.02.19. 16:00	20일 새벽(03시 ~ 06시)	서해중부앞바다(충남북부앞바다)
		2021.02.19. 14:00	2021.02.19. 15:00	20일 아침(06시 ~ 09시)	동해중부앞바다(강원북부앞바다, 강원중부앞바다, 강원남부앞바다)
			2021.02.19. 17:00	20일 밤(21시 ~ 24시)	동해남부앞바다(경북남부앞바다, 경북북부앞바다), 동해중부면바다
				22일 아침(06시 ~ 09시)	동해남부북쪽면바다

<그림 7> 사고 당시 특보 현황

2.6.2 사고 발생 해역에서 남서방향으로 약 26해리 떨어진 해역에 설치된 기상청의 울산 해양 기상부이에서는 사고 당일 18시 남서풍 초속 12.1미터, 유의파고 2.2미터가 관측되었다.



<그림 8> 울산 해양기상부이 위치

3) 2021년 2월 19일 06:01에는 19일 오후 동해남부북쪽면바다에 대한 풍랑주의보가 발표될 수 있음을 알리는 예비특보가 발표됨

<표 1> 울산 해양기상부이 기상 관측정보

일시	풍속 (m/s)	풍향 (deg)	GUST풍속 (m/s)	최대파고 (m)	유의파고 (m)	평균파고 (m)	파향 (deg)
2021-02-19 0:00	5.7	316	8.6	3.6	2.5	1.8	59
2021-02-19 1:00	5.1	303	7.4	4.4	2.4	1.7	54
2021-02-19 2:00	5.7	282	8.6	3.6	2.1	1.5	46
2021-02-19 3:00	6	283	9.2	3.9	2.3	1.7	52
2021-02-19 4:00	4.5	288	8	4.1	2.3	1.6	57
2021-02-19 5:00	4.8	254	7.3	4.2	2.5	1.8	59
2021-02-19 6:00	5.7	282	8	-	2.1	1.5	61
2021-02-19 7:00	4.3	256	6.5	3.6	2.3	1.6	36
2021-02-19 8:00	5.7	262	8.2	3.1	2	1.4	52
2021-02-19 9:00	5.4	252	8	3.3	2	1.4	56
2021-02-19 10:00	4.5	258	7.2	4	2.3	1.6	62
2021-02-19 11:00	5.2	243	7.4	3.2	2.1	1.5	65
2021-02-19 12:00	6	247	8.2	2.9	1.9	1.4	57
2021-02-19 13:00	5.8	239	7.9	3.1	1.9	1.3	56
2021-02-19 14:00	7.2	245	9.6	3.7	2.3	1.6	54
2021-02-19 15:00	9.3	241	11.8	4	2.5	1.7	45
2021-02-19 16:00	10.2	228	13.8	-	2.3	1.6	46
2021-02-19 17:00	11.5	217	14.8	3.9	2.5	1.8	26
2021-02-19 18:00	12.1	226	15.1	3.3	2.2	1.6	245
2021-02-19 19:00	11.7	235	15.6	3.3	2	1.4	240

2.6.3 같은 날 22시경 해양경찰 함정에서 보고한 기상정보에 따르면 남서풍이 초속 12~14미터로 불고 있었고, 파고는 2~2.5미터 정도였다.

section

3

사고 경위

3. 사고 경위

3.1 사고 전 운항

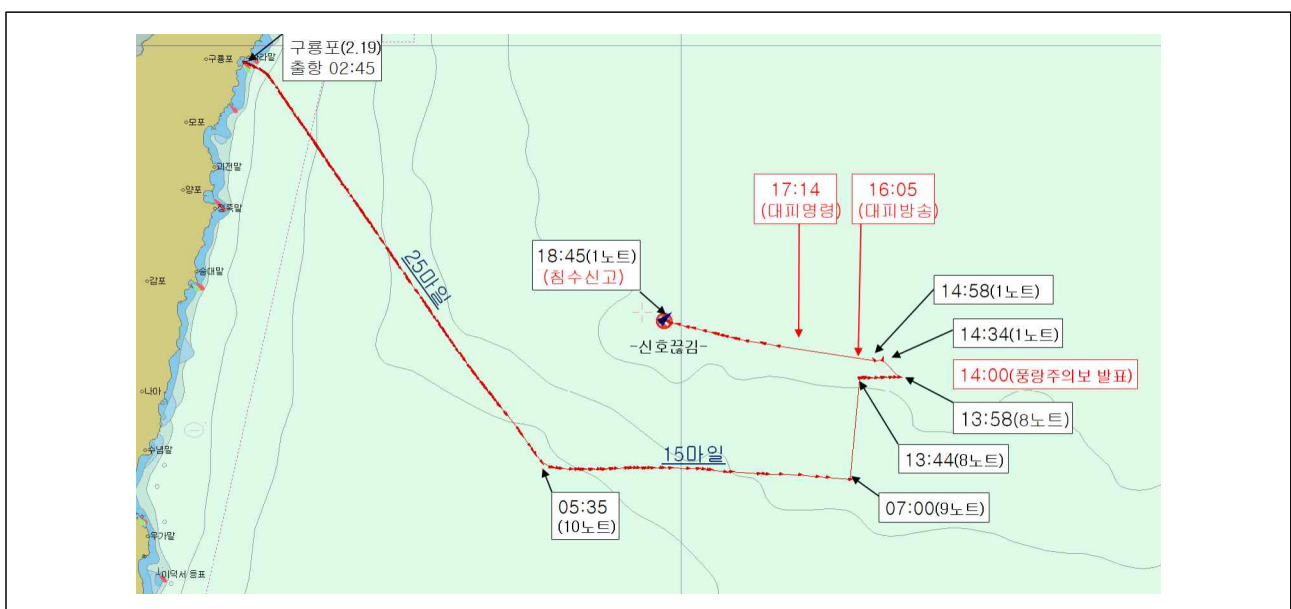
- 3.1.1 거룡호는 2021년 2월 19일 03시경 대략 2박 3일 일정으로 홍계 조업을 위해 구룡포항을 출항하였다. 출항 당시 이 선박에는 선장을 포함해 총 6명의 선원이 승선하고 있었다.
- 3.1.2 같은 날 06시 30분경 조업지에 도착하여, 07시경부터는 투승되어 있던 통발을 양승하기 시작하였다. 이때 2틀⁴⁾의 통발을 양승, 투승하였는데, 이 작업은 14시 30분경 완료되었다. 이후 15시경부터는 3번째 통발을 양승하기 시작하였다.
- 3.1.3 한편, 같은 날 14시 동해남부북쪽먼바다, 동해남부앞바다에 풍랑주의보가 발표되었다. 이 풍랑주의보는 17시에 발효되었다. 풍랑주의보 발표 시점에 이 선박은 풍랑주의보 예정 해역인 동해남부북쪽먼바다에 있었다.
- 3.1.4 기상특보가 발표됨에 따라 포항어선안전조업국은 단측파대(SSB, Single Side Band) 무선통신으로 기상특보사항을 해상조업선박에게 알렸다. 기상특보 방송은 16시 05분에 한번 더 송출되었다.
- 3.1.5 풍랑주의보 발효 이후인 17시 14분, 포항어선안전조업국은 거룡호 선장으로부터 해당 선박의 위치보고를 받았다. 위치보고는 전화로 이루어졌다. 이때 포항어선안전조업국은 풍랑주의보 상황에서 본선의 대피계획을 거룡호 선장에게 물었고, 선장은 ‘조업정리 후 귀항’이라고 대답하였다.
- 3.1.6 같은 날 17시 45분⁵⁾경, 거룡호는 피항을 위해 구룡포항으로 귀항하기 시작했다. 속도는 약 9노트, 침로는 약 280도였다. 귀항 시작 당시, 양승 후 다시 투승하지 못한 통발(약 120개)은 선수 좌현 갑판에 쌓아 놓았다.

4) 250~300개의 통발이 설치되어 있으며, 1틀의 길이는 약 1.5킬로미터 정도임

5) 생존선원은 16시 30분경 구룡포항으로 회항차 운항하기 시작하였다고 진술하였으나, 이 선박의 위치정보를 볼 때 17시 이전에는 회항을 하지 않은 것으로 판단됨

3.2 사고발생

- 3.2.1 생존선원 진술에 따르면 귀항 시작 후, 날씨가 점점 악화되고 있었다. 선원은 침실에서 휴식을 취하던 중 주기관과 발전기가 정지되었음을 인지하였다. 시간이 얼마 지나지 않아 선장은 ‘큰일났다’며 이 선원을 다급하게 불렀다.
- 3.2.2 선원이 조타실에 갔을 때는 선수 일부가 침수되었고, 선체는 좌현으로 기울어 있었다. 갑판 위로 올라온 해수는 좌현 기관실구 개구부를 통해 비가 내리듯이 기관실로 유입되고 있었다.
- 3.2.3 한편, 선장은 주기관 등이 정지된 후 기관실구 외벽에 설치된 출입문을 통해 주기관 등의 상태를 확인하였으나 미쳐 복구하지 못했고 해당 출입문을 열린 상태로 놓아 둔 채 조타실로 돌아갔다.
- 3.2.4 선장은 선수 좌현에 있는 통발(120개)을 해상에 버리라고 지시하였다. 선원들이 통발을 하나씩 버리는 중에 선체는 좌현쪽으로 점점 더 기울기 시작했다. 생존선원은 선장이 다급하게 전화로 통화하고 있는 것을 목격하였다.
- 3.2.5 전복 직전 선원들은 선미갑판에 위치해 있었다. 생존선원은 위급상황임을 깨닫고, 구명조끼를 다른 선원에게 입혔다. 생존선원을 포함한 일부 선원은 구명조끼를 입지 못한 상태였다. 생존선원은 선원실로 이동하여 본인과 다른 선원이 입을 구명조끼를 챙겨 밖으로 나오는 도중에 선박이 갑자기 뒤집혔다.



<그림 9> 출항 후 거룡호 항적

3.2.6 생존선원은 배가 뒤집히면서 정신을 잃었고, 정신을 차려보니 우현 선미어창으로 들어가 있었다고 진술하였다. 이 선원은 어창 밖으로 나와 구조대가 오는지를 몇 차례 확인하였고, 어창 안에 있는 편이 안전할 것으로 판단하여 어창 안에서 구조되기를 기다렸다.

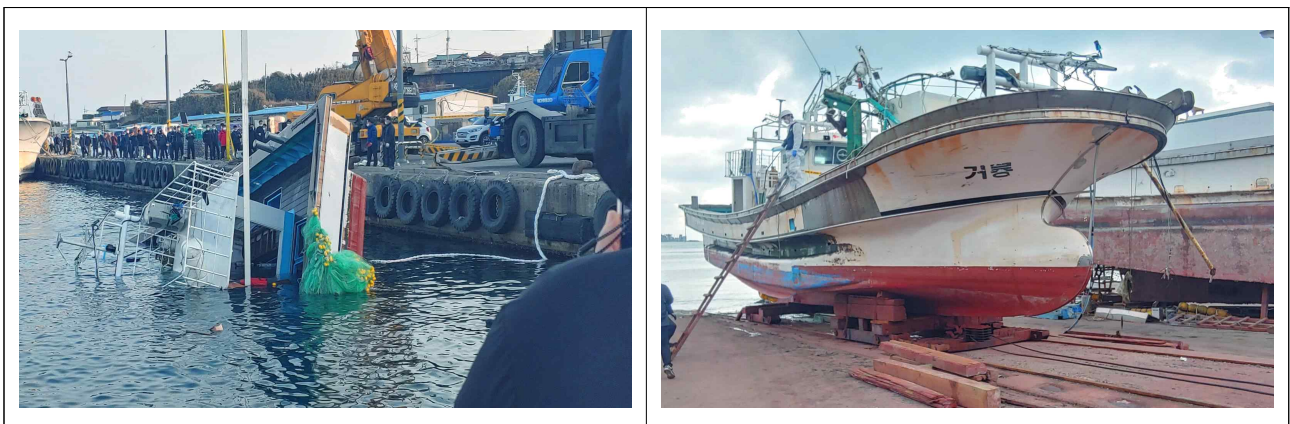


<그림 10> 구조된 선원이 있던 어창 위치 및 모습

3.3 구조 및 피해사항

3.3.1 승선원 6명 중 1명은 21일 10시 23분경에 선미 어창 안에서 구조되었다. 그 외 선원 5명은 사망 또는 실종되었다.

3.3.2 전복된 선체는 사고해역에서 구룡포항으로 예인된 후 2021년 2월 23일에 육지로 인양되었다.



<그림 11> 선체 인양 및 인양 후 모습

section

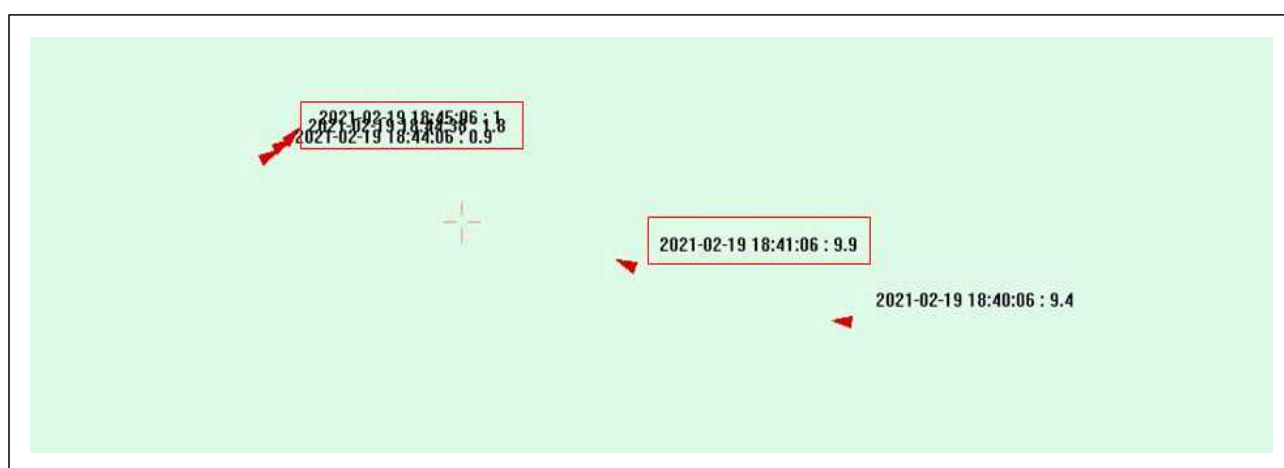
4

사고 분석

4. 사고 분석

4.1 사고시간 및 위치

- 4.1.1 선박의 위치는 자동식별장치(AIS, Automatic Identification System)에서 발신된 정보를 통해 확인할 수 있다. 이 정보에 따르면 2021년 2월 19일 18시 41분 약 9노트였다가, 18시 44분 약 1노트로 속도가 감소되었다. 이후 2021년 2월 19일 18시 45분에 선박에서 발신한 신호가 마지막으로 수신되었다. 이때 선박 위치는 북위 35도 46분 32초, 동경 129도 58분 56초였다.
- 4.1.2 한편, 거룡호 선장은 해경 파출소와 통화를 하었는데, 이때는 자동식별장치의 마지막 신호(18시 45분)보다 늦은⁶⁾ 18시 48분경이었다.
- 4.1.3 자동식별장치에서 나타난 시간대별 선박의 속력, 선장과 해경간의 통화시간 등을 감안할 때 거룡호는 통화를 마친 직후 전복되었을 것으로 추정된다. 따라서 사고 전 선박속도가 1노트에 불과했으므로 사고 위치는 마지막으로 수신된 자동식별장치 발신 위치인 북위 35도 46분 32초, 동경 129도 58분 56초와 거의 차이가 없을 것으로 판단된다.



<그림 12> 자동식별장치(AIS) 마지막 위치

6) 기관실 해수유입으로 인해, 전복되기 전 전력이 먼저 차단되었을 것으로 추정

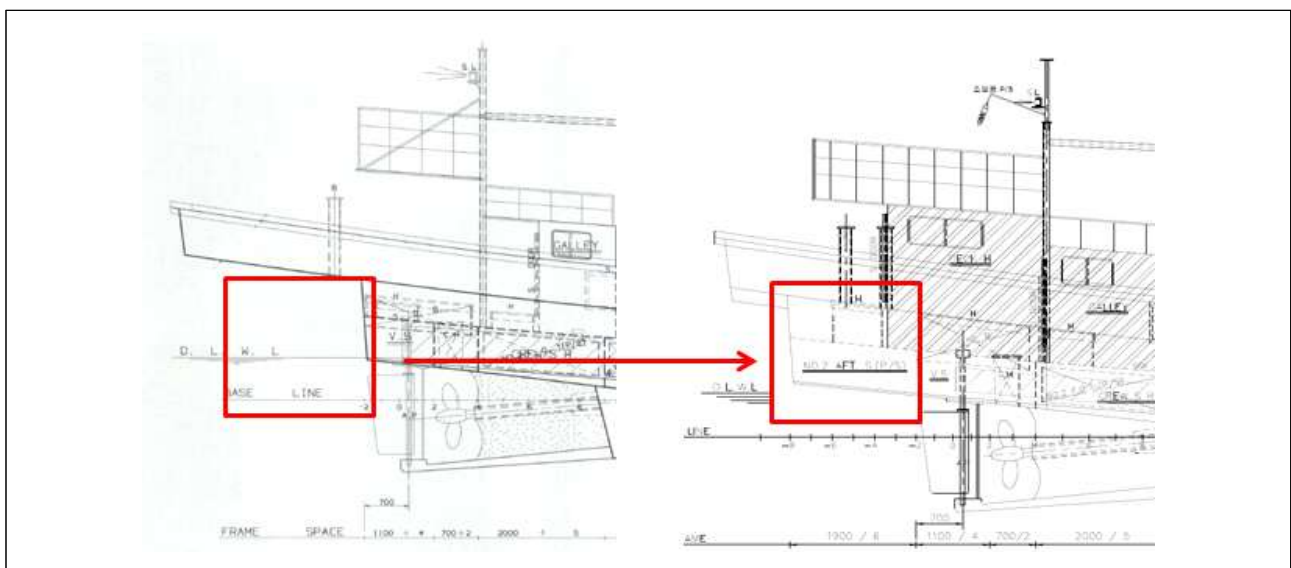
4.2 부력부 증개축 등 개조

4.2.1 거룻호의 양현 선측과 선미에는 부력재가 증설되었다. 이 부력재는 높이 약 0.65미터, 폭 0.30미터, 길이 1.2미터 정도이다. 부력재 상단부는 선체 중앙부를 기준으로 상갑판 상면으로부터 약 0.12미터 정도 하부에 위치해 있다. 선미에 설치된 부력재는 개조 전 원래 선미에서 뒤쪽 방향으로 길이 약 1.9미터 정도가 설치되어 있다.

4.2.2 이 증설된 부력재는 검사기관의 승인을 거치지 않고 설치된 것으로 조사되었다. 선박소유자는 부력재 증설을 포함하여 표준어선형으로 변경을 위해 사고 하루 전인 2021년 2월 18일 도면을 검사기관에 제출하였으나 사고 당일까지 해당 도면의 승인은 완료되지 않았다.



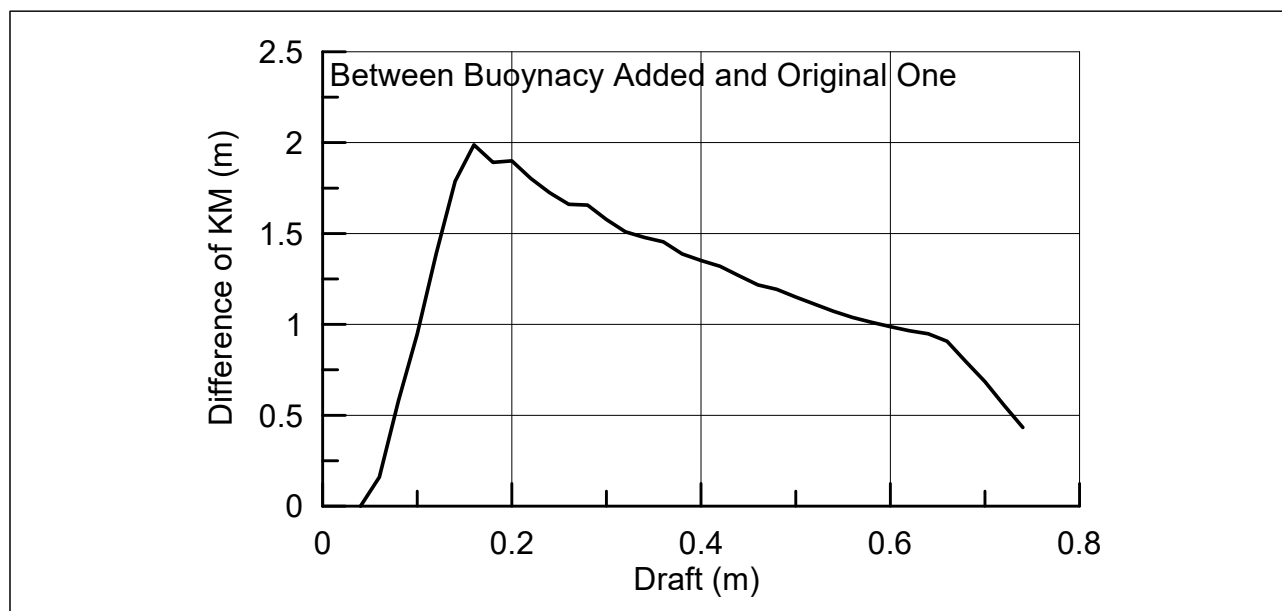
<그림 13> 부력재 개조·증설



<그림 14> 선미 부분의 부력재 개조·증설

4.3 복원성 검토

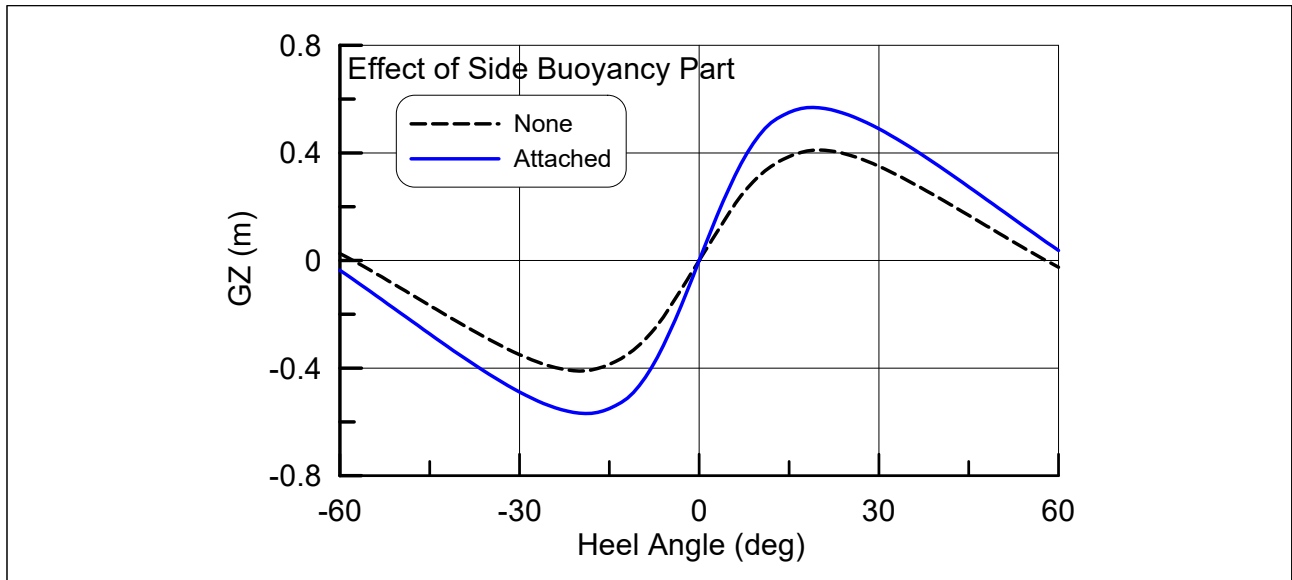
- 4.3.1 「어선복원성 및 만재홀수선 기준」은 선박 길이가 24미터 이상인 경우에만 의무적으로 복원성을 검토받도록 규정하고 있으므로 길이가 15.3미터인 이 선박은 복원성 검사대상이 아니다. 이러한 이유로 이 선박에 대한 복원성계산은 이루어지지 않았다.
- 4.3.2 이 선박은 복원성 검사대상이 아니지만 부력재 설치 등 개조된 상태였음을 고려하여 개조 전 도면과 개조 후 도면 등을 근거로 복원성을 계산하였다. 이는 전복 원인이 부력부 증설로 인한 복원성 부족 때문인지를 알아보기 위함이다.
- 4.3.3 먼저, 같은 배수량 또는 같은 홀수에서 선측부력부가 있는 경우와 없는 경우의 복원성을 상호 비교하였다. 이때 중량은 표준어선형 개조를 위해 선박소유자가 제출한 계산서를 참고하여 추정하였다.
- 4.3.4 같은 홀수라고 가정했을 때, 부력부가 있는 경우와 없는 경우 선저부터 경심⁷⁾까지의 거리(KM)는 아래에서 보는 바와 같이 부력부가 있는 경우에 더 크게 나타난다. 약 35톤의 배수량에서 이 선박 홀수는 대략 0.6미터 정도 되는데, 이때 KM차이는 약 1미터 정도로 나타났다. KM이 크다는 것은 상대적으로 복원성이 양호하다는 것을 의미한다.



〈그림 15〉 부력부가 있는 경우와 없는 경우의 KM 차이

7) 선박이 직립했을 때 부력 작용선과 경사했을 때 부력 작용선의 교점을 경심(M, Metacenter)이라고 함

4.3.5 부력부가 있을 때와 없을 때의 복원정(GZ)도 계산하였는데, 부력부가 있는 경우 GZ가 더 양호한 것으로 분석되었다.



<그림 16> 부력부가 있는 경우와 없는 경우 GZ

4.3.6. 이를 종합해 볼 때 추가된 부력부로 인해 복원성이 악화된 것은 아닌 것으로 판단된다.

4.3.7 한편, 추정된 적재량을 바탕으로 부력재가 설치된 상태, 즉 사고 당시 이 선박의 초기복원성(GoM)은 2.76미터인 것으로 나타났다.

<표 2> 부력부가 있는 경우 선박중량 추정

구분	무게(톤)	LCG(m)	VCG(m)	LCG-M(m)	VCG-M(m)
Light Weight	22.0	6.650	0.980	146.300	21.560
Constant	3.547	6.103	1.853	21.647	6.573
Fuel	1.144	2.100	0.575	2.402	0.658
ETC	5.8	6.159	1.448	35.722	8.398
Fish Hold	9.654	9.275	0.30	89.541	2.896
Fish Trap	0.0	13.0	2.00	0.000	0.000
Sum	42.145	7.014	0.951	295.612	40.085
Displacement : 41.11m ³ Draft Mean = 0.65334m, Trim 0.2777m(선수=0.5145, 선미=0.7922) GoM = 2.76m					

4.3.8 앞에서 기술한 바와 같이 이 선박은 길이 24미터 미만의 어선으로 의무적으로 복원성 검토를 받아야 하는 선박은 아니기 때문에 이 정도 복원력이 적정한 값인지를 판단할 수 없다. 이러한 이유로 유사어선에 적용되는 「안전복지를 강화한 표준어선형에 관한 기준⁸⁾」에 나타난 기준과 이 선박 복원성을 비교함으로써 대략적인 적정성을 검토하였다.

〈표 3〉 표준어선형 복원성 기준과 비교

구분	요구값	계산값	평가
GoM	1.7070m 이상	2.76m	기준 충족
안전기준선(최대 흘수)	0.6544m 이하	0.6533m	기준 충족

4.3.9 현행 복원성 기준과 비교한 결과를 볼 때, 복원성 부족문제가 전복의 직접적 원인이라고 보기에는 무리가 있다고 판단된다.

4.4 방수구 설치

4.4.1 상갑판에 다량의 해수가 넘어올 때 배수가 잘 되지 않으면 무게중심 상승과 유동수 영향으로 인해 선박의 복원성에 문제가 발생할 수 있다. 배수 원활성에 직접 영향을 미치는 것은 방수구이므로 방수구 관련 규정을 검토하고 거룡호에 설치된 방수구와 비교하였다.

4.4.2 이 선박의 총톤수는 9.77톤으로, 방수구 크기는 「총톤수 10톤 미만 소형어선의 구조 및 설비기준」 제11조에 따라 산정된다. 이 규정에 따라 웰 깊이는 배 길이(15.3미터)의 70%(10.71미터), 불워크는 1.14미터를 적용하면 각 현의 최소 방수구 면적은 0.24419제곱미터로 계산된다.

$$A = \frac{2 \times m \times h}{100}$$

이 식에서

A는 방수구의 면적(제곱미터)

m은 웰의 길이(미터). 이 경우 웰의 길이가 배의 길이의 70퍼센트를 초과하면 배의 길이의 70퍼센트로 할 것

h는 불워크의 높이(미터)

〈그림 17〉 방수구 최소 면적(각현) 관련 규정

8) 표준어선형으로 건조 또는 개량하는 5톤 이상의 어선은 「안전복지를 강화한 표준어선형에 관한 기준」에 따른 복원성 요건과 안전기준선(만재흘수선과 유사) 기준을 준수하여야 함

- 4.4.3 인양된 선체를 조사한 결과 방수구는 상갑판 바로 위에 좌현 7개, 우현 7개가 확인되었다. 이 선박은 상갑판 위에 목재덧판이 설치되어 있는데, 이 목재덧판 위에도 좌현 6개, 우현 6개의 방수구가 추가로 설치되어 있다. 이들을 모두 합하면 좌현 13개, 우현 13개의 방수구가 설치되어 있다.
- 4.4.4 이들 방수구 면적을 합하면 좌현 방수구는 0.2제곱미터, 우현 방수구는 0.2528제곱미터로 좌현 방수구 크기가 규정에 다소 미달되는 것으로 나타났다.
- 4.4.5 한편, 규정상 방수구 하단은 실행할 수 있는 한 갑판에 가깝게 하도록 규정하고 있다. 상갑판보다 높은 곳에 방수구가 설치되면 상갑판에 모인 물이 쉽게 배출되지 않기 때문이다.
- 4.4.6 이러한 점을 고려하여 목재덧판에 설치된 방수구를 제외⁹⁾하고 계산한 방수구(상갑판과 목재덧판 사이 방수구) 면적은 좌·우현 각각 0.056제곱미터이다. 의무적으로 확보해야 하는 최소 방수구 면적의 약 23%에 불과하다.

〈표 4〉 방수구 면적 비교

규정상 최소 면적(m ²)		실측 방수구 면적(m ²)		
		상갑판과 목재덧판 사이 방수구 면적(A)	목재덧판 위 설치된 방수구 면적(B)	합계(A+B)
좌현	0.24419	0.0560	0.1440	0.2000
우현	0.24419	0.0560	0.1968	0.2528

- 4.4.7 이와 같은 조사 결과를 볼 때, 상갑판에 있는 배수구 면적은 규정에 비해 부족했던 것으로 판단된다.

4.5 목재덧판의 영향

- 4.5.1 이 선박에는 상갑판 위 약 0.47미터 높이에는 목재덧판이 추가로 설치되어 있다. 이 갑판은 상당히 촘촘하게 제작되어 있다. 이 갑판은 검사항목이 아니므로 선박검사 시 적정성 등에 대한 확인은 하지 않는다.

9) 일반배치도 등 도면 상에는 목재덧판 위 방수구는 표기되어 있지 않음

- 4.5.2 상갑판으로부터 어창구 턱(창구코밍)의 높이는 0.43미터로써 규정상 최소 높이인 0.075미터보다 상당히 높게 설치되어 있다. 그러나 목재덧판이 설치되어 있기 때문에 목재덧판을 기준으로 하면 그림에서 보는 바와 같이 어창구 턱의 상단이 목재덧판보다 더 아래에 위치하게 된다. 어창구에 덮개를 씌우면 어창구와 목재덧판 상단 높이가 거의 일치한다.



<그림 18> 상갑판 어창구

- 4.5.3 한편, 수밀갑판(상갑판)에 설치되는 기관실구는 높이 0.45미터 이상의 견고한 위벽으로 둘러쌓일 것이 요구되고 이 선박에서도 이 규정을 준수한 것으로 판단된다. 그러나 이 선박에는 촘촘한 목재덧판이 설치되어 있기 때문에 이를 수밀갑판과 유사하게 간주한다면 실질적으로는 기관실구 위벽의 높이가 낮아지는 것과 같다고 볼 수 있다.
- 4.5.4 기관실 위벽에 설치한 출입구 문턱 높이도 상갑판에서 측정하면 약 0.42미터지만 목재덧판 상면에서 측정하면 문턱 높이가 약 0.12미터로 감소하게 되며, 이로 인해 문턱 높이에 따른 효과도 감소하게 된다.
- 4.5.5 어창구 턱 높이, 기관실구 위벽 높이, 기관실구 위벽에 설치한 문턱의 높이를 규정한 이유는 갑판에 해수가 유입되더라도 해당 구획으로 쉽게 들어가지 못하도록 하기 위함으로 볼 수 있다. 그러나 목재덧판으로 인해 어창구와 기관실구 위벽의 실질적인 높이가 낮아지게 되면 어창구, 기관실 등으로 해수가 쉽게 유입되는 것을 효과적으로 막기 어렵게 된다.



<그림 19> 기관실구 및 기관실구 위벽 문턱 높이



<목재덧판과 상갑판 간격>

<목재덧판 하부 방수구>

<그림 20> 목재덧판 설치

4.5.6 생존 선원은 선체가 좌현으로 기울어 있었고, 기관실에 해수가 유입되는 것을 목격하였다고 진술하였다. 이를 볼 때 상당량의 해수가 배수되지 못하고 목재덧판을 따라 흐르다가 기관실로 유입되었을 것으로 추정된다. 기관실구 위벽은 높이가 낮아져 목재덧판 위를 흐르던 해수가 기관실로 유입되는 것을 효과적으로 막지 못했고, 기관실 출입문을 개방한 후 다시 닫지 않음으로써 기관실로의 해수 유입이 가속화되었을 것으로 판단된다.

4.5.7 목재덧판이 설치되어 있을 때 방수구의 배수효과에 대해서도 분석하였다. 해수가 선박으로 넘어오면 1차적으로 목재덧판 위로 해수가 쌓이게 된다. 이 중 일부는 목재덧판 틈 사이로 흘러 상갑판으로 내려가고, 상갑판상 방수구를 통해 배수가 될 것이다.

4.5.8 반면에 목재덧판의 틈 사이로 흘러들어가지 못한 해수는 목재덧판 위에 그대로 남게 된다. 목재덧판은 상당히 촘촘하게 제작되어 있고, 또 계속 해수가 유입되기 때문에 상당수 해수는 상갑판으로 내려가지 못하고 목재덧판 위에 쌓이게 된 것으로 판단된다.

4.5.9 한편, 목재덧판이 설치되어 있으면, 목재덧판으로 인해 상갑판이 보이지 않기 때문에 상갑판하에 설치된 방수구의 막힘여부도 확인할 수 없다. 만약 방수구가 막혀 있다면, 상갑판상 해수의 배수는 거의 불가능하다.

4.6 횡경사 및 전복 가능성

4.6.1 목재덧판 설치, 그로 인한 어창구 높이와 기관실구 위벽 높이 감소, 그리고 이에 따른 배수 영향 등에 대해서는 앞에서 분석했다. 이 결과를 반영하여 어떤 상태에서 거룡호가 전복까지 이르게 되는지를 분석하기 위해 시뮬레이션¹⁰⁾을 수행하였다.

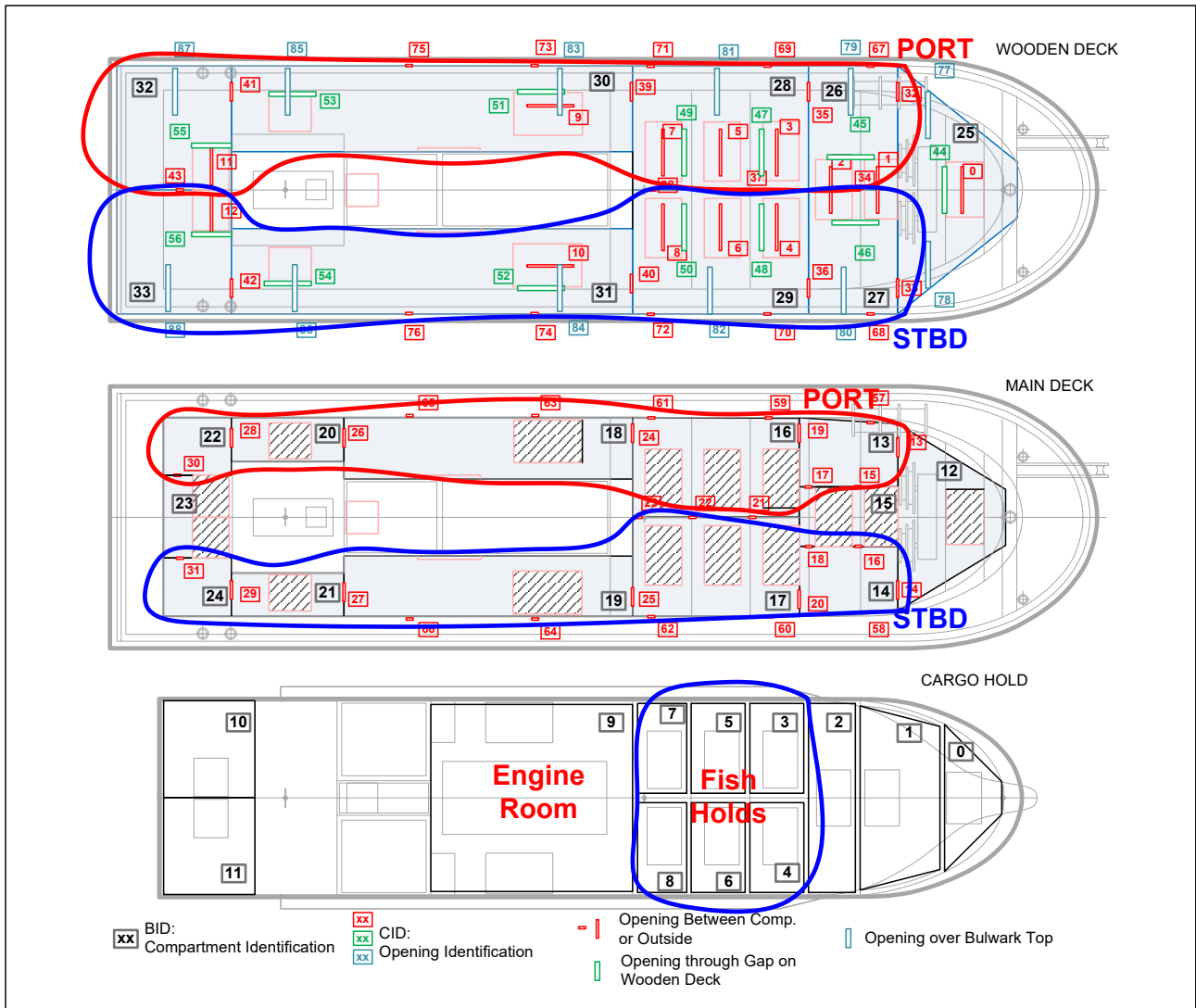
4.6.2 시뮬레이션은 선체가 좌현으로 기울어 있었고, 좌현 기관실 개구부로 비가 내리듯이 해수가 유입되었다는 생존자의 진술을 바탕으로 기관실이 침수된 경우, 방수구가 막혀있는 경우 등 4가지 상황을 가정하여 실시하였다. 이와 같이 상황을 구성하면 기관실 침수가 전복의 원인인지 방수구 막힘이 전복 원인인지 등을 확인할 수 있을 것으로 판단하였다.

〈표 5〉 상황별 시뮬레이션 조건

구분	시뮬레이션 조건		결과
	기관실구	방수구(좌현)	
상황 1	닫힘	열림	
상황 2	열림	열림	
상황 3	닫힘	막힘	
상황 4	열림	막힘	전복

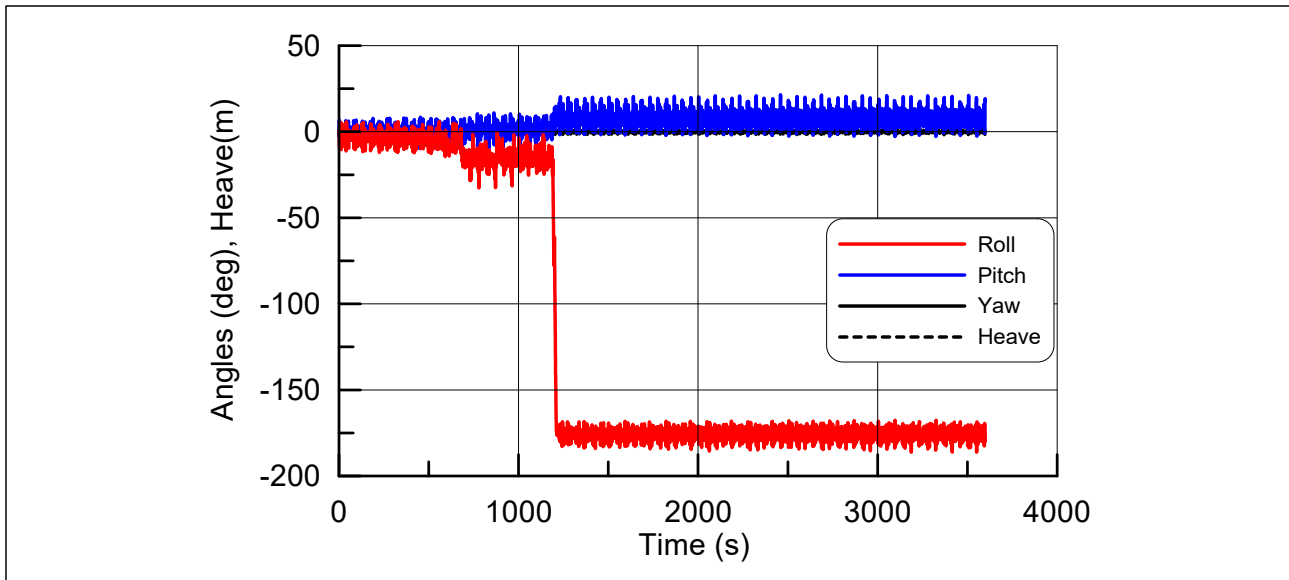
4.6.3 시뮬레이션을 위해 선박 하부를 상갑판, 목재덧판으로 구분하였다. 그리고 목재덧판으로 유입된 해수 일부는 목재덧판 틈 사이를 통해 상갑판으로 흘러내려가도록 모델링하였다.

10) 선박해양플랜트연구소에 의뢰하여 수행

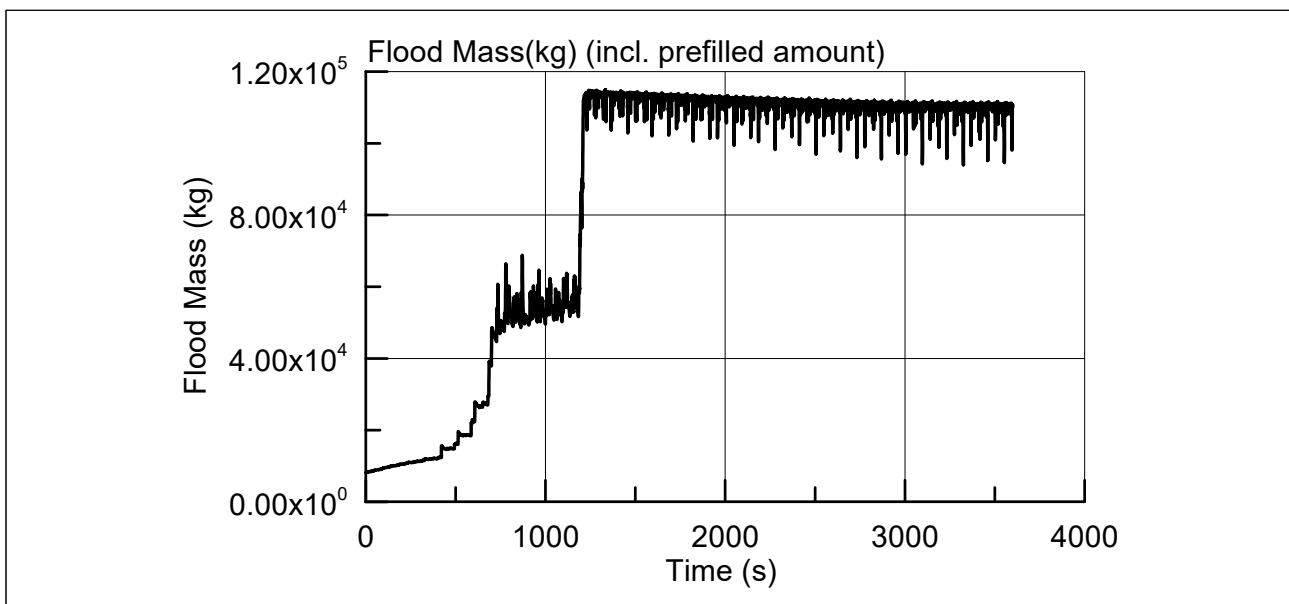


<그림 21> 시뮬레이션을 위한 구획 구분

- 4.6.4 이와 같은 상황에서 ①기관실에 해수가 침입되는 경우, ②방수구가 막힌 경우, ③두 가지 경우가 동시에 발생한 경우 등 3가지 조건을 변경하면서 횡경사 변화, 상갑판 배수와 이로 인한 전복 가능성을 검토하였다.
- 4.6.5 시뮬레이션 결과 기관실이 침수되지 않고 방수구가 정상적인 상태(상황 1)라면 선박은 전복되지 않는 것으로 나타났다. 또한, 기관실만 침수(상황 2)되거나 방수구만 막힌 경우(상황3)에도 횡경사가 발생하지만 전복으로 이어지지 않는았다.
- 4.6.6 그러나 좌현 기관실구가 열린 상태에서 방수구가 막힌 상태(조건 4)라면, 침수로 인해 좌현 횡경사가 15~20도 발생하게 되고, 횡경사로 인해 좌현에 해수가 계속 쌓이게 되나 배수는 되지 못하면서 복원성은 더욱 악화되게 된다. 이후 약 20분만에 전복에 이르게 된다는 것을 확인할 수 있었다.



<그림 22> 시간대별 종경사, 횡경사 추정



<그림 23> 시간대별 침수량 추정

4.6.7 생존선원이 목격한 상황과 앞의 분석 결과를 종합해 볼 때, 이 선박은 기상악화로 인해 갑판상에 해수가 쌓였고 이 해수는 기관실구로 유입되었으며, 이와 동시에 배수가 원활하지 않음으로 인해 좌현경사가 가중되어 전복된 것으로 추정된다.

section

5

결론

5. 결론

- 5.1 이 사고는 풍랑주의보가 발효된 해상에서 연안통발어업에 종사하는 거룻호가 구룡포항으로 귀항 중에 발생한 전복사고이다.
- 5.2 사고 당시 이 선박에 설치되어 있던 목재덧판으로 인해 기관실구 위벽의 높이가 낮아지는 효과가 발생하였고, 이로 인해 갑판으로 넘어온 해수가 기관실 내부로 쉽게 유입되었다.
- 5.3 아울러, 방수구의 크기는 관련 규정에 미치지 못하였고, 이 방수구가 막혀있었을 개연성도 있을 것으로 추정되며, 이로 인해 갑판상으로 유입된 해수의 배수가 원활하지 못했을 것으로 판단된다.
- 5.4 기관실로 유입된 해수와 방수구(좌현) 막힘으로 인해 배수되지 못한 갑판상 해수는 좌현 횡경사를 가중시켰고, 이로 인해 이 선박은 복원성이 잃고 좌현으로 전복된 것으로 판단된다.

section

6

권고

6. 권고

6.1 상갑판 위 설치된 목재덧판의 위험성 검토

- 6.1.1 거룡호의 경우, 목재로 제작된 덧판이 상갑판 위에 설치되어 있다. 이러한 목재덧판은 어선검사 항목에 해당되지 않으므로 검사기관의 안전성 검토 없이 임의로 설치된 것으로 확인되었다. 이 목재덧판은 갑판상 어업작업 중 어창구 턱 돌출부로 인한 안전사고가 우려되어 설치한 것으로 추정된다. 그러나 이 목재덧판의 설치가 기관실구 위벽의 역할에 부정적인 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단된다.
- 6.1.2 갑판에 유입된 해수가 기관실구 등으로 쉽게 유입되지 않도록 하기 위해 기관실구 위벽을 상갑판보다 높게 설치하도록 규정하고 있다. 그러나 이 선박의 경우, 상갑판 위에 목재를 이용해 덧판을 설치함으로써 기관실구 위벽을 높게 설치하도록 한 규정의 효과가 없어지게 되었고, 갑판 위로 유입된 해수가 기관실구로 쉽게 흘러들어가는 결과를 초래하였다.
- 6.1.3 또한, 갑판에 유입된 해수를 배수하기 위해 각 현에는 방수구를 설치하도록 하고 있다. 방수구 면적은 물이 고이는 웰의 길이 등에 따라 최소 면적이 규정되어 있다. 그러나 상갑판 위에 설치된 덧판으로 인해 상갑판에 있는 방수구가 보이지 않아 평소에 방수구의 정상작동 여부를 확인하기 어려울 수 있다. 또한 방수구가 막힌 경우 방수구를 뚫는 등 조치를 취하기 위해서는 덧판을 제거해야 하는 등 신속한 조치도 어렵다.
- 6.1.4 따라서 해양수산부, 어선검사기관은 상갑판 위에 목재 등으로 된 덧판이 설치된 어선에 대하여, 기관실구 위벽으로 얻을 수 있는 안전성 효과의 실질적 감소, 방수구 막힘 등의 문제가 발생할 소지가 없는지 등 덧판으로 인한 위험성 여부를 검토할 필요가 있다.

6.2 방수구에 대한 관리 강화

- 6.2.1 선박의 양현에 설치된 방수구는 갑판에 유입된 해수를 외부로 배출해주는 역할을 하고 있다. 사고조사 과정에서 방수구의 적정성을 검토하기 위해 어선검사기관을 통해 이 선박의 방수구 위치, 면적 등을 확인하고자 하였으나 관련 도면, 검사기록 등에서 방수구 위치, 면적 등에 관한 기록이 없어 이를 확인할 수 없었다.
- 6.2.2 한편 인양된 선체를 통해 실제 방수구의 위치와 면적 등을 조사하였는데 방수구 크기가 관련 규정에 미달되는 등 방수구가 적절히 관리되지 않고 있음이 확인되었다. 다만, 관련 기록이 없기 때문에 건조 시부터 이와 같은 상태였는지 또는 운항 중 개조되었는지는 파악할 수 없었다.
- 6.2.3 따라서 건조 시 방수구가 제대로 설치되고, 이후 운항 중에도 제대로 역할을 할 수 있도록 어선검사기관에서는 어선검사 시에 방수구가 제대로 설치·관리되고 있는지를 철저히 검사할 필요가 있다. 또한, 체계적인 방수구 검사이력 관리를 위해 관련 도면과 검사기록에 방수구 상세, 검사이력 등을 기록할 필요가 있다.

6.3 운항 시 기관실구 개구부 폐쇄 철저

- 6.3.1 기관실에 해수가 유입되는 경우 사고로 이어질 수 있기 때문에 기관실구 위벽 높이, 해당 위벽에 설치하는 출입구 높이·폐쇄장치 등에 관한 규정이 마련되어 있다. 그러나 이 선박의 기관실구 위벽에 설치된 출입문이 사고 당시 닫혀있지 않았고 이로 인해 해수가 쉽게 기관실로 유입되었던 것으로 판단된다.
- 6.3.2 따라서 선장은 기관실에 해수가 유입되는 경우에 대한 위험성을 인식하고, 항해 시에는 기관실구 출입문 등 개구부가 항상 폐쇄하고 선박을 운항해야 한다.

표 목차

<표 1> 울산 해양기상부이 기상 관측정보	115
<표 2> 부력부가 있는 경우 선박중량 추정	128
<표 3> 표준어선형 복원성 기준과 비교	129
<표 4> 방수구 면적 비교	130
<표 5> 상황별 시뮬레이션 조건	133

그림 목차

<그림 1> 거룡호 일반배치도 및 전경	110
<그림 2> 어창 배치	111
<그림 3> 방수구 배치	111
<그림 4> 상갑판 위 기관실구 개구부	112
<그림 5> 기관실구 위벽에 설치된 출입문	112
<그림 6> 연안통발 조업모식도	113
<그림 7> 사고 당시 특보 현황	114
<그림 8> 울산 해양기상부이 위치	114
<그림 9> 출항 후 거룡호 항적	120
<그림 10> 구조된 선원이 있던 어창 위치 및 모습	121
<그림 11> 선체 인양 및 인양 후 모습	121
<그림 12> 자동식별장치(AIS) 마지막 위치	125
<그림 13> 부력재 개조·증설	126

<그림 14> 선미 부분의 부력재 개조·증설	126
<그림 15> 부력부가 있는 경우와 없는 경우의 KM 차이	127
<그림 16> 부력부가 있는 경우와 없는 경우 GZ	128
<그림 17> 방수구 최소 면적(각현) 관련 규정	129
<그림 18> 상갑판 어창구	131
<그림 19> 기관실구 및 기관실구 위벽 문턱 높이	132
<그림 20> 목재덧판 설치	132
<그림 21> 시뮬레이션을 위한 구획 구분	134
<그림 22> 시간대별 종경사, 횡경사 추정	135
<그림 23> 시간대별 침수량 추정	135



해양수산부

중앙해양안전심판원