

## 묘박 중인 선박의 주요 한계에 관한 연구(II)

배석한\* · 정연철\*\* · 김세원\*\* · 윤종휘\*\*\* · 이윤석\*\*\*\* · 구엔풍\*

\*한국해양대학교 대학원, \*\*한국해양대학교 항해시스템공학부 교수,

\*\*\*한국해양대학교 해양경찰학과 교수, \*\*\*\*한국해양대학교 운항훈련원 전임강사

## A Study on the Limit of Anchor Dragging for Ship at Anchor(II)

Suk-Han Bae\* · Yun-Chul Jung\*\* · Se-Won Kim\*\* · Jong-Hwui Yun\*\*\*  
· Yun-Sok Lee\*\*\*\* · Phung-Hung Nguyen\*

\*Graduate School, \*\*Division of Navigation System Engineering, \*\*\*Department of Maritime Police Science,

\*\*\*\*The Center of Ship Operation, Korea Maritime University, Pusan 606-791, Korea

**요약 :** 이전의 연구(묘박 중인 선박의 주요 한계에 관한 연구-I)에 이어서, 본 연구에서는 묘박 중인 선박의 묘박 안정성을 검토하기 위해 선박조종 시뮬레이터를 이용한 주요실험을 수행하였다. 이 실험의 주된 목적은 주요중인 선박의 거동특성과 주요 한계풍속을 파악하는데 있다. 실험의 대상이 된 선박은 2003년 9월 태풍 매미가 내습했을 당시 진해만에 묘박했던 소형 텅커선이며, 주요실험의 결과는 이론분석 결과 및 현장보고와 매우 유사함을 확인하였다.

**핵심용어 :** 선박조종 시뮬레이터, 묘박 안정성, 주요 한계풍속

**ABSTRACT :** In succession to previous study(A Study on the Limit of Anchor Dragging for Ship at Anchor~I), the experiment of anchor dragging by ship handling simulator was performed to investigate the anchoring stability of ship at anchor in this study. The purpose of this experiment is to check the behavior characteristics of ship being dragged and the limit of anchor dragging for ship at anchor. A small tanker ship, which had been anchored in Jinhae Bay when the typhoon MAEMI passed on September 2003, was chosen as model ship for the experiment of anchor dragging and the result of experiment was confirmed to be very similar to the result of theoretical review and field report.

**KEY WORDS :** ship handling simulator, anchoring stability, critical wind speed for anchor dragging

### 1. 서 론

우리나라는 서부 태평양 해상에서 발생하는 태풍의 진행 경로 상에 위치하고 있어서, 매년 평균 3개 이상의 크고 작은 태풍이 상륙하여 많은 재산상의 피해를 입히고 있다. 최근에는 2003년 9월 12일 초대형 태풍 매미가 남해안에 상륙하여 많은 피해를 야기하였다. 태풍 매미는 한반도에 상륙하였을 당시 중심기압이 954hPa로 우리나라에 상륙한 태풍 중에서 두 번째로 중심기압이 낮은 태풍이었으며, 남해안 상륙시 시속 50m/s 이상의 강풍을 수반함으로써 많은 해양사고를 야기하였다.

태풍 매미로 인해 진해만을 포함 마산항, 진해항 등 마산지방 해양수산청 관할수역 내에서 발생한 해양사고는 총 62척으로, 이중 침몰 8척, 좌초 및 좌안 32척, 그리고 충돌 및 접촉이 각각 22척이었다. 그리고 진해만 내에서 발생한

해양사고는 총 25척으로, 이중 침몰 3척, 좌초 및 좌안 13척, 그리고 충돌 및 접촉이 각각 9척이었다. 이들 통계자료는 관할 관청인 해양수산청 또는 해양경찰서에 신고된 해양사고 통계이기 때문에 실제 신고되지 아니한 경미한 사고나 단순 주요사고는 이보다 훨씬 많았을 것으로 추정된다. 진해만은 우리나라 남해안에서 가장 좋은 태풍 피항지로 알려져 왔으나, 태풍 매미가 내습했을 당시 진해만 내에 묘박해있던 다수의 선박이 주요됨으로써 태풍 피항시의 묘박 안정성에 대한 검토가 매우 중요한 과제가 되었다.

본 연구에서는 태풍 피항을 위해 묘박중인 선박의 안정성을 검토하기 위하여 선박조종 시뮬레이터를 이용한 주요실험을 수행하였다. 이 실험은 이전의 연구에서 수행되었던 묘박 선박의 안정성에 대한 이론분석 결과를 시뮬레이션을 통해 확인하기 위해 계획되었다. 따라서 실험의 주

된 목적은 주요증인 선박의 거동특성과 주요 한계풍속을 파악하는데 있다. 실험의 대상이 된 선박은 2003년 9월 태풍 매미가 내습했을 당시 진해만에 묘박했던 소형 탱커선이다. 본 연구의 결과는 실무 선장들이 태풍 피항을 위해 묘박할 경우 주요방지를 위한 대책 수립에 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

## 2. 선박조종 시뮬레이터의 개요

Table 1 The specification of ship handling simulator

항 목		상 세
종합성능		Full-mission, real-time, man-in-the-loop simulation 등 전 기능을 가진 실시간 실행의 인간요소 반영 가능한 시뮬레이터
컴퓨터 시스템		시스템 제어와 상호작용 제어, 선박제어와 선체모형의 운동계산, 외력조건 모델 계산, 데이터베이스 수집 및 프로세싱, 선교장비의 프로세싱 및 모형화, 기타 주변기기와의 연결
인스트럭터 콘솔		시뮬레이션 조작과 모니터링, 데이터베이스 개발, 시뮬레이션 준비 및 사후 평가, 시뮬레이션 초기치 조작, 디스플레이 및 파라미터 수정, 예선은 동시 6척 사용가능, 본선 및 통항선에 미치는 외력의 임의조정 가능
시각장치	수평·수직 시야	실선 선교에서 보이는 수로, 항로표지, 방파제, 부두, 타 선박, 본선, 육지 등의 시각정보를 실선박과 동일하게 모사하여 42인치 PDP 3대에 투영. 90도(수평) × 15도(수직)
	시각 채널수	3채널
	시각 화면	주간, 황혼, 야간 등의 연속적 변경 및 안개
	시야	선수, 선미, 좌·우현 시야 및 선교 왕 시야
모델선박	본선 모델	VLCC, Bulk Carrier, Chemical Tanker, Container 등 10개 선종 모델선박
	통항선 모델	18개 선종 모델선박
	통항 선박수	100척까지 독립제어
청각장치		청각신호 발생기 및 스테레오 스피커 장치, 엔진음, 신호음, 통신음 등의 청각정보 실선박과 동일하게 구현
선교/ 조종장치	선교	선박과 동일한 선교 및 시설 설치
	횡요장치	해상에서의 선체횡요 재현, 횡요주기 및 횡요각 조정 가능
	추진장치	실 선박에 설치되어 있는 다양한 종류의 주기관 사용 가능, 실선의 주기 및 추진기 특성과 동일, 선수 트러스터 장치 보유 및 이용 가능
	정박설비	실선과 동일한 기능 및 성능 보유
	항해계기	조타설비, 자이로 컴퓨터 및 리피터, 레이더 및 ARPA 2대, ECDIS 1대, DGPS, Decca, Loran-C 각 1대, 풍향/풍속 지시기, 등화장치, 기적, 통신설비 (VHF, 기관실, 인스트럭터 연락), 실 선박의 장비와 동일한 기능 및 성능 보유, 시뮬레이션시 실선과 동일하게 작동
기록/분석 /평가 시스템	플레이백 장치	플로터, 프린터 등의 부속장치. 시뮬레이션 결과의 저장, 분석 및 평가
	디브리핑 장치	시뮬레이션 결과의 디브리핑, 분석 및 평가(실시간 및 최대 20배속 재생) 프로젝터, 모니터 및 스크린
지형 데이터베이스		부산항, 인천항, 광양/여수항, 울산항, 대산, 평택항, 군산, 장항, 목포항, 마산, 진해, 고현항, 포항항, 옥계, 묵호, 동해, 삼척항, 싱가폴 해협 등

본 연구에서는 선박조종 시뮬레이터를 이용하여 묘박증인 선박의 주요실험을 실시하였는데, 이는 묘박 선박의 주요증 거동특성과 주요 한계풍속을 파악하기 위한 목적으로 수행되었다.

### 2.1 시뮬레이터의 제원

본 연구의 주요실험에 사용된 시뮬레이터는 한국해양수산연수원에서 보유하고 있는 선박조종 시뮬레이터로서, 이

는 이탈리아 SINDEL사에 의해 개발된 최신형 풀 미션 선박조종 시뮬레이터<sup>1)</sup>이며 그 구성장비 및 상세 제원은 상기 Table 1과 같다.

## 2.2 시뮬레이터의 성능 및 한계

주요실험에 사용된 선박조종 시뮬레이터는 일반적인 대양 항해, 연안 항해, 협수로 항해는 물론이고, 접·이안 및 묘박과 같은 특수한 상황에 대해서도 선박 조종이 가능한 다양한 수학모델을 갖추고 있다. 아울러 선박의 적하상태(배수량, 트림 및 홀수 등)를 자유롭게 변화시킬 수 있고, 엔진 부하에 따라 출력의 자동조절과 외력에 따른 선체의 동요 및 선속의 자연감소도 조정이 가능한 고기능 시뮬레이터이다.

그러나 대부분의 선박조종 시뮬레이터가 그러하듯이 본 시뮬레이터도 수학모델에 사용되는 각종 파라메타들을 적절하게 조정해주어야 한다. 즉, 모델 선박이 실제 선박과 유사한 성능을 발휘하도록 하기위해 관련 전문지식과 경험의 요구되는 파라메타의 조정이 필요하다.

## 2.3 대상선박 및 시뮬레이션 조건

### (1) 대상선박의 해양사고 개요

D호는 한국과 중국을 오가며 단거리 국제항해에 종사하는 총톤수 4,700톤급 중형 케미컬 운반선이다. 본선은 2003년 9월 9일 17시경 청도 수리조선소를 출항하여 공선으로 한국의 온산항을 향해 항해하던 중 태풍 매미가 북상하고 있다는 정보를 기상 팩시밀리를 통해 입수하였다. 계속 항해 중이던 9월 11일 16시 45분경 청수를 공급받기 위해 여수항에 잠시 기항하였다. 이때 태풍 매미가 계속 북상하여 한반도에 접근 중이므로 선장은 태풍 과향의 최적지로 판단되는 진해만에 피항하기로 결심하였다.

동일 19시 50분경 청수 수급을 마친 본선은 여수항을 출항하여 다음 날인 9월 12일 03시 30분경 진해만에 도착 흑암 북동쪽 0.5마일 떨어진 묘박위치(북위 35도 2.56분, 동경 128도 37.04분)에 우현 앵커 6.5샤클로 투표하였다. 태풍 매미가 접근하면서 동일 15시부터 기상이 점차 악화되었고 16시부터는 비와 함께 바람이 풍력계급 6까지 강해졌다. 18시경 선장은 주요에 대비하여 언제든지 기관을 사용할 수 있도록 준비하는 한편, 1항사를 선수에 배치하여 앵커 체인의 상태를 관찰하도록 지시하였다. 18시 40분경 바람이 더 강해지므로 선장은 좌현 앵커를 추가로 4샤클로 투표하였다. 18시 50분경 D호는 강한 바람과 높은

1) FMSS : Full-mission Ship Handling Simulator의 약자이다. 이는 IMO가 발행한 선박조종 시뮬레이터 성능평가 지침서에서 규정한 최상급 선박조종 시뮬레이터를 의미한다.

파도에 밀려 흑암 남서쪽으로 주요되기 시작하였다.

이에 선장은 기관 및 타를 사용하여 주요를 억제하고자 노력하는 한편 앵커 체인을 감아들여 묘박지를 탈출하고자 하였지만, 한번 주요되기 시작한 본선은 계속 주요되었고 결국 19시경 흑암에 좌초되었다.

### (2) 시뮬레이션 조건

선박조종 시뮬레이터를 이용한 주요실험에는 입력 자료로서 바람, 파랑, 해조류, 수심, 저질 및 묘박상태 등의 자료가 필요하다. Table 2는 주요실험에 사용된 실험조건들을 정리한 것이다.

Table 2 The condition of simulation

항목	풍향	풍속	파향	파고	수심	저질	초기침로
조건	NE	0~30m/s	SW	2~3m	20m	Mud	75도

신빙성이 있는 시뮬레이션 결과를 얻기 위해서는, 먼저 시뮬레이션에 사용되는 모델선박이 실제 선박과 유사한 운동 및 구조 특성을 가지도록 사전에 파라메타를 조정하여야 한다. 본 주요실험을 위해 연수원이 보유하고 있는 여러 모델선박 중에서 대상선박과 종류가 같고 크기가 유사한 선박을 선정하고, 선정된 모델 선박을 Table 3에 제시된 제원을 참고하여 각종 파라미터 조정 작업을 거친 후 시뮬레이션에 사용하였다. 시뮬레이션에 사용된 모델선박은 D호와 유사한 총톤수 4,700톤의 케미컬 탱커이며, 그 상세 제원은 Table 3과 같다.

### (3) 주요실험의 목적과 절차

주요실험의 목적은 ① 묘박중인 선박이 기관을 사용하지 않고 파주력만으로 견딜 수 있는 한계풍속은 얼마인가? ② ①과 동일한 조건에서 기관을 사용하였을 때 견딜 수 있는 한계풍속은 얼마인가? ③ 주요가 일어나기 전후의 선체 움직임과 주요되는 자세는 어떠한가? 등을 파악하는 것으로 하였다. 따라서 이러한 목적을 달성하기 위해 모델선박은 대상 선박의 묘박상태와 동일한 2묘박(좌현 4샤클 및 우현 6.5샤클) 상태로 정박 상태가 설정되었으며, 풍속을 0~30m/sec까지 단계적으로 증가시키면서 선박의 움직임을 관찰하였다.

## 3. 주요실험의 결과 및 검토

### 3.1 주요실험의 결과

Fig. 1 및 Fig. 2에 주요실험의 결과를 제시하였다. 이들

Table 3 The specification of model ship

명세	제원
Type of Ship	Chemical Tanker
Ship Length	106.0 m
Ship Width	17.8 m
Fore Draft	1.8 m
Aft Draft	4.7 m
Displacement	5,000 tons
Maximum Ship's Speed	15.0 kts
Number of Propeller	1
Propeller Diameter	3.5 m
Pitch/Diameter Ratio	0.69
Exp. Area/Disc. Area Ratio	0.56
Frontal Wind Surface	270 m <sup>2</sup>
Transv. Wind Surface	1,000 m <sup>2</sup>
No. of Rudder	1
Max. Steering Angle	40 deg
Cruise Propeller Speed	185 rpm
Full Ahead	145 rpm
Half Ahead	95 rpm
Slow Ahead	80 rpm
D/Slow Ahead	65 rpm
Anchor Weight	3.0 tons
Engine Maximum Power	2,800 KW

그림에서 모델 선박은 풍속이 증가함에 따라 선수 Swing 운동을 하다가 한계풍속에 이르렀을 때에 초기 위치로부터 주묘되어 흑암 등대가 위치한 남서 방향으로 밀려가는 과정이 잘 나타나 있다. 이하 실험을 통해 관찰된 내용을 정리하면 다음과 같다.

#### (1) 기관을 사용하지 않은 경우

Fig. 1은 풍속을 0에서부터 25m/s까지 순차적으로 증가 시키면서 기관을 사용하지 않았을 때의 실험 결과이다. 모델 선박은 풍속이 증가하면서 15m/s에 이르렀을 때에 선수 Swing 현상이 조금씩 일어나기 시작하였으며, 계속 풍속을 증가시켜 18m/s에 이르렀을 때에는 선수 Swing이 보다 심해졌으며, 급기야 선체 Swing과 함께 좌현 앵커가 조금씩 움직이기 시작하였다. 풍속이 21m/sec에 이르렀을 때에는 우현 앵커도 조금씩 움직이기 시작하였지만 주묘는 발생하지 않았다. 풍속이 약 23m/s에 이르렀을 때에는 양현 앵커가 모두 끌리기 시작하였으며, 곧 이어 선수가 북쪽을 향한 상태에서 풍하 방향으로 계속 주묘되었다.

#### (2) 기관을 사용한 경우

Fig. 2는 풍속을 0에서부터 30m/s까지 순차적으로 증가

시키면서 기관을 사용했을 때의 실험 결과이다. 모델 선박은 풍속이 증가하면서 15m/s에 이르렀을 때에 선수 Swing 현상이 조금씩 일어나기 시작하였으며, 이때 기관을 저속으로 사용하면서 선수 Swing을 억제할 수 있었다. 풍속이 증가되어 20m/s에 이르렀을 때에 선수 Swing 현상이 다시 완만하게 시작되었으며, 풍속이 24m/sec에 이르렀을 때에는 Swing이 더욱 심화되었다. 급기야 좌현 앵커가 움직이기 시작하였으며, 엔진을 Full로 사용했지만 Swing은 계속되었다. 풍속이 26m/sec에 이르렀을 때에는 우현 앵커가 조금씩 움직이기 시작하였으며, 28m/sec에서 선박은 조종이 되지 않고 선수가 북쪽을 향한 상태에서 풍하 방향으로 계속 주묘되었다.

#### (3) 주묘실험 결과의 종합

① 2묘박<sup>2)</sup> 상태에서 엔진을 사용하지 않는 경우 주묘의 한계풍속은 약 23m/s이고, 엔진을 사용한 경우 주묘의 한계풍속은 약 28m/s로 각각 나타났다. 따라서 엔진의 사용은 어느 정도 주묘를 억제시키는 효과가 있는 것으로 나타났다.

② 묘박중인 선박은 강한 바람을 받을 경우 선수 Swing 현상이 발생하며, 2묘박의 경우 이 Swing 운동의 폭은 체인을 길게 신출한 쪽(본 주묘실험의 경우 우측)으로 점차 확대되어 결국 체인을 짧게 신출한 쪽의 앵커를 움직이기 시작한다.

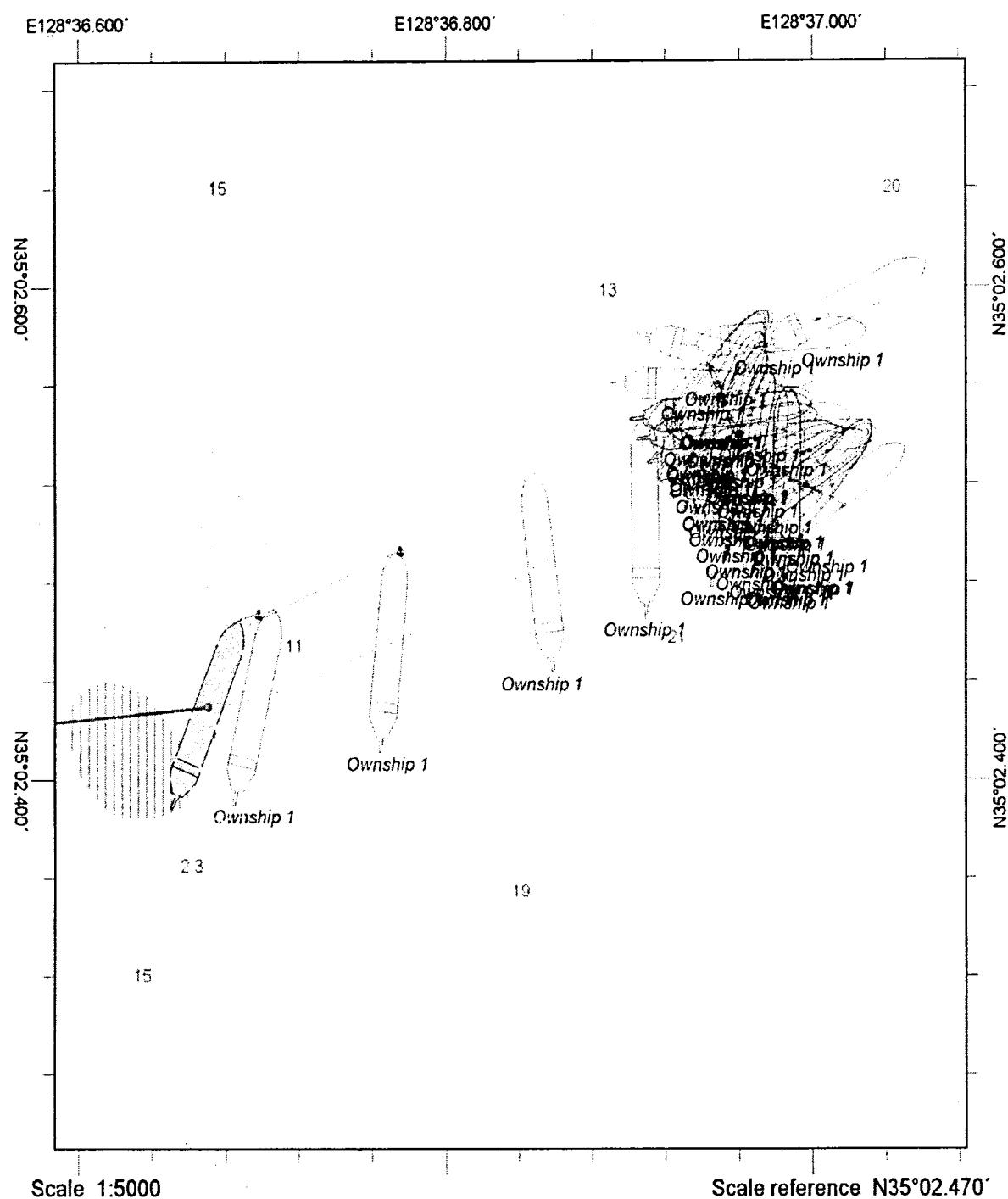
③ 묘박중인 선박의 주묘는 선수가 Swing함에 따라 축면 풍압면적이 크게 작용하는 어느 시점에서 순간적으로 발생하며, 엔진과 타를 사용하여 어느 정도 선수 Swing을 완화시킬 수 있으나, 한계풍속 이상에서는 조종이 불가능하며 결국 선수가 바람 방향에 직각을 이루면서 본격 주묘되기 시작한다.

#### 3.2 주묘실험 결과의 검토

사고선박인 D호 선장의 진술서에 의하면 동 선박이 주묘된 시각은 12일 18시 50분경이었고, 이때 주변에 묘박해 있던 실습선 한바다호에서 관측된 풍속은 29m/s로 확인되었다. 주묘실험 결과에 의하면 2묘박 상태에서 엔진을 사용했을 경우 주묘 한계풍속은 약 28m/s로 나타났는데, 이는 실제로 주묘가 발생했을 때의 풍속과 매우 유사한 값임을 알 수 있다.

참고로 시뮬레이터에 의한 주묘실험은 기관과 타를 어떻게 사용하느냐에 따라 그 결과가 조금씩 다르게 나타날 수 있음을 고려할 때, 상기 실험결과는 매우 양호한 실험결과로 사료된다.

2) 2묘박이란 좌현 체인을 6.5샤를, 그리고 우현 체인을 4샤클로 각각 신출하여 묘박한 것으로 정의한다.



**Fig. 1** The result of simulation without the use of engine

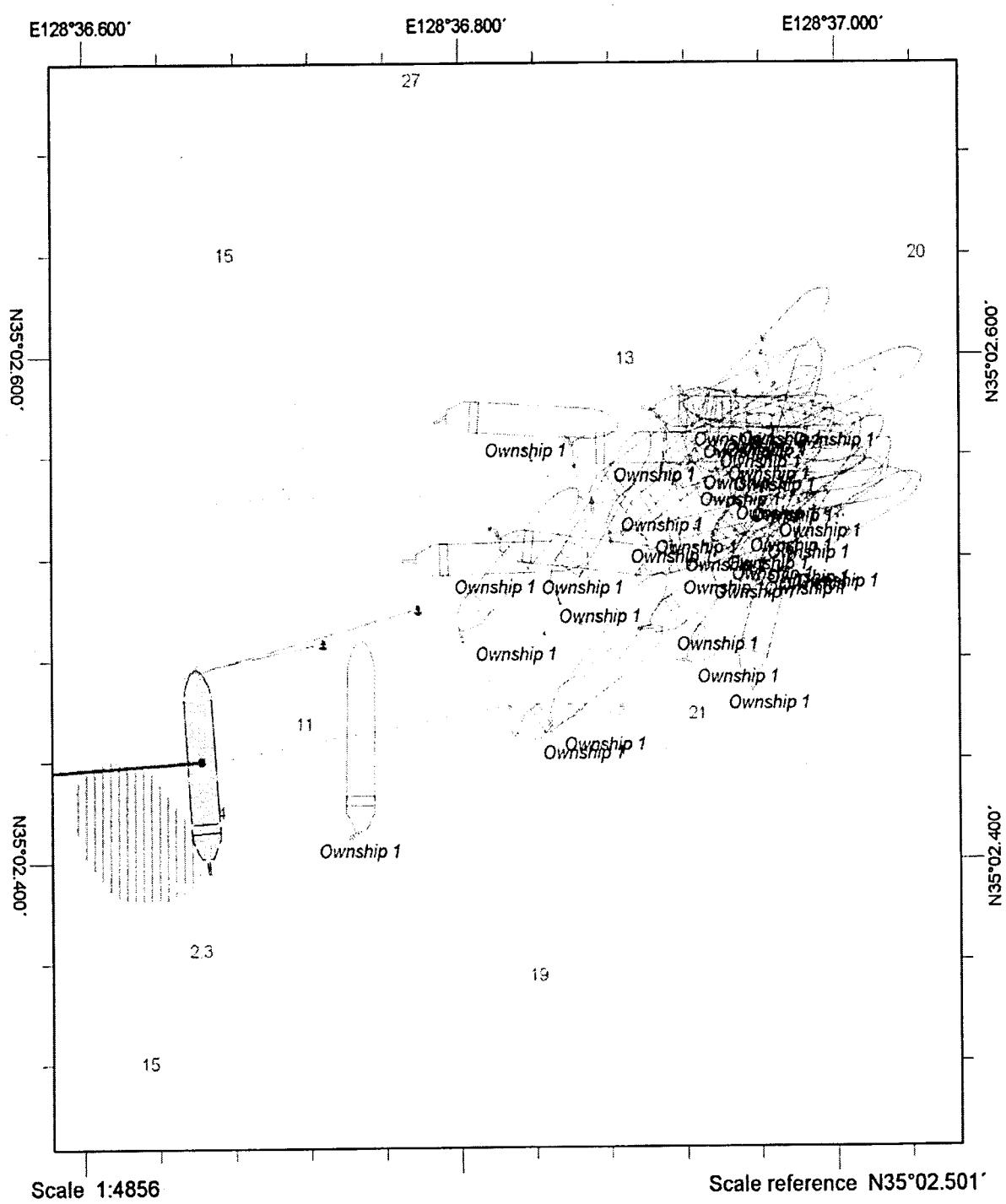


Fig. 2 The result of simulation with the use of engine

## 4. 결 론

본 연구에서는 묘박중인 선박의 안정성을 검토하기 위하여 선박조종 시뮬레이터에 의한 주묘실험을 수행하였으며, 그 결과는 이전의 연구(묘박 중인 선박의 주묘 한계에 관한 연구-I)에서 수행되었던 이론분석 결과 및 현장보고와 아주 유사함을 확인하였다. 이하 연구결과를 정리하면 다음과 같다.

(1) 2묘박 상태에서 엔진을 사용하지 않는 경우 주묘의 한계풍속은 약 23m/s이고, 엔진을 사용한 경우 주묘의 한계풍속은 약 28m/s로 각각 나타났다. 따라서 엔진의 사용은 어느 정도 주묘를 억제시키는 효과가 있는 것으로 나타났다.

(2) 묘박중인 선박은 강한 바람을 받을 경우 선수 Swing 현상이 발생하며. 2묘박의 경우 이 Swing 운동의 폭은 체인을 길게 신출한 쪽(본 주묘실험의 경우 우측)으로 점차 확대되어 결국 체인을 짧게 신출한 쪽의 앵커를 움직이기 시작하였다.

(3) 묘박중인 선박의 주묘는 선수가 Swing함에 따라 축면 풍압면적이 크게 작용하는 어느 시점에서 순간적으로 발생하며, 엔진과 타를 사용하여 어느 정도 선수 Swing을 완화시킬 수 있으나, 한계풍속 이상에서는 조종이 불가능 하며 결국 선수가 바람 방향에 직각을 이루면서 본격 주묘되기 시작하였다.

(4) 사고선박인 D호 선장의 진술서에 의하면 동 선박이 주묘된 시각은 12일 18시 50분경이었고, 이때 주변에 묘박해 있던 실습선 한바다호에서 관측된 풍속은 29m/s로 확인되었다. 주묘실험 결과에 의하면 2묘박 상태에서 엔진을 사용했을 경우 주묘 한계풍속은 약 28m/s로 나타났는데, 이는 실제로 주묘가 발생했을 때의 풍속과 매우 유사한 값임을 알 수 있었다.

## 참 고 문 헌

- [1] 마산지방 해양수산청(2003), 해양사고 통계.
- [2] 갑판항해일지(2003), 한국해양대학교 실습선 한바다호.
- [3] SHS Manual(2004), Sindel Co., Italy.