

조난선박의 표류거동에 관한 연구

김 창 제* · 채 양 범* · 김 길 수** · 정 태 권*** · 강 성 진****

On the drifting characteristics of a distressed ship

Chang-Je, kim · Yang-Bum, Chae* · Gil-Soo, kim** · Tae-Gweon, Jeong*** · Song-Jin, Gang*****

<목 차>

Abstract

1. 서 론

2. 표류실험

2.1. 실험방법

2.2. 해석방법

3. 결과 및 고찰

3.1 표류자세

3.2. 압류방향

3.3. 압류속력

4. 결론

參考文獻

Abstract

A vessel in distress might be well identified when both the variables affecting the drifting of the vessel and the extent to which the variables affect the drifted vessel are known. And also the disembarking place inside the ship might be easily located if the drifting poise is forecasted.

The forecasting method of the drifting poise is resolved by combining the vectors of the current and the wind. It is, however, very hard to forecast the effect of the wind, which should be mainly determined by field survey.

This study aims at identifying the drifting characteristics of medium/large ships, considering only the effect of the wind. The experiment revealed the following results.

- ① The drifting poise is determined by the aspect ratio of the ship and the shape of the superstructure of the ship.
- ② Drifting direction is quite stable when wind speed goes over a certain level.
- ③ Drifting speed is 3-7% of the wind speed in case of T/S Hannara.

* 한국해양대학교 해사대학 교수

** 한국해양대학교 해사대학 교수(실습선 한나라호 선장)

*** 한국해양대학교 해사대학 교수(실습선 한바다호 선장)

**** 한국해양대학교 해사대학 실습선 한나라호 일등항해사

I. 서 론

해난사고는 인명의 사상과 막대한 비용의 손실을 발생시키며, 또 해양환경과 해양생태계 등을 파괴하는 요인이 된다. 특히 해난사고의 결과로 해양 오염이 발생하면, 그 복구에 많은 비용과 시간이 소요되며, 오염의 완전복구가 불가능한 경우도 있다. 따라서 최근에는 해난사고의 방지 및 해난사고에 의한 피해를 최소화하기 위해서 유조선의 이중선체 도입, ISM CODE의 적용 등 선박의 안전확보를 위한 노력이 더욱 더 강조되고 있는 추세이다.

해난사고가 발생할 경우, 조난선박의 효과적인 수색 및 구조작업을 위해서는 조난선박의 표류자세, 표류방향 및 표류속력을 파악해야 할 필요성이 있다. 일반적으로, 조류 및 해류 등의 흐름은 조난선박의 표류에 결정적인 영향을 미친다고 할 수 있기 때문에, 조난해역의 조류도 또는 해류도를 이용하면 조난선박의 위치를 추정할 수 있다. 또한 바람도 조난선박의 표류에 영향을 미치는데, 이때 선박의 풍압 면적의 넓이, 바람의 세기 등이 주 변수이다. 중·대형선이 기관고장, 타기의 고장 등의 원인으로 표류할 때 황천일지라도 표류선의 위치는 쉽게 탐지될 수 있고, 또한 중·대형선에는 충분한 수의 구명기구가 탑재되어 있으므로 선원이나 여객은 대개 구명기구를 이용하여 탈출할 수 있는 경우가 많다. 그러므로 최근까지 중·대형선의 표류에 관한 연구는 거의 없고, 소형선 또는 어선을 대상으로 많은 연구(박 등, 1988 ; 강, 1993 ; 강과 이, 1995 ; 井桁 등, 1982 ; 鈴木 등, 1985)가 있었다.

해난사고의 초기 단계에는 현장부근을 항행중인 일반선박이 단독으로 수색 및 구조활동에 착수할 것으로 예상된다. 특히 선폭이 큰 중·대형선박이 표류하면서 구조를 기다리는 경우, 표류선의 표류자세는 선박으로부터의 탈출위치 및 구조작업위치를 결정하는데 중요하다. 또한 표류자세의 변경에 의해 기름유출을 지연시킬 수 있으며, 결국 해양오염의 확산을 줄일 수 있다. 따라서 이 연구는 중·대형선의 표류에 관한 참고자료를 얻을 목적으로

표류선의 바람에 의한 표류거동을 주로 현장실험에 의해 밝히고자 한 것이다.

2. 표류실험

2.1 실험방법

표류실험에 이용한 선박은 한국해양대학교 실습선 한나라호(표 1)이다. 여수부근해역 및 포항 부근 해역 등지에서, 선박의 기관을 정지시킨 후, 충분한 시간(1시간 이상)이 경과하여 선박이 표류하기 시작하였을 때 선박에 탑재된 장비를 이용하여 10분 간격으로 7시간이상 선박의 위치 및 표류자세 등을 관측하였다. 즉, 선박의 위치를 GPS수신기로, 선수미 방위를 Gyro Compass로, 그리고 풍향 풍속을 수면상 22m 높이에 위치한 프로펠러식 풍향풍속계를 이용하여 측정하였다.

표 1. 실험 선박의 제원(실험시)

	T/S HANNARA	C.T.호
Gross Tonnage	3,640 Ton	42,447 Ton
L.O.A	102.7 m	183.9 m
Depth	9.5 m	30.2 m
Breadth	14.5 m	30.6 m
Mean Draft	4.7 m	8.2 m
Trim	1.4 m by the stern	even keel
수면상 측면적(A _U)	1,009.636 m ²	3,892.591 m ²
수면하 측면적(A _L)	438.043 m ²	1,507.980 m ²

또한, 선박표류와 동시에 RADAR reflector(한변의 길이가 15cm인 마름모꼴 합석판 2장을 90° 간격으로 배치시킨 +자형 반사기)를 부착시킨 검류 drogue(지름 50cm, 길이 70cm)를 표류시키고 10분 간격으로 RADAR로 추적하였다. 이때 예비 실험에 의해 검류 drogue의 상단이 수면과 일치하도록 하였다.

그리고 H사의 자동차 운반선 C.T.호(표 1) 및 한국해양대학교 실습선 한바다호(한나라호의 제원과 비슷)를 이용하여 한나라호와 동일한 방법으로 표류선의 표류자세를 측정하였다.

2.2 해석방법

풍속은 실용성을 고려하여 수면상 임의 높이 h 에서의 풍속 W_h 를 식(1)과 같이 수면상 10m 높이에서의 풍속 W_{10} (세계기상기구 기준)으로 환산하였다.

$$W_{10} = \frac{W_h}{0.233 + 0.656 \log(h + 4.75)} \quad (1)$$

바람에 의한 표류벡터(이하 압류벡터라고 한다. 또한 압류벡터는 압류속력과 압류방향으로 구성된다)는 선박이 해·조류 및 바람에 의해 표류한 벡터와 검류 drogue가 해·조류에 의해 표류한 벡터를 합성하여 구했다.

표류자세는 선수미선의 선수를 기준으로 선수와 풍향과의 시계방향으로의 사이각(그림 1의 α)을 0° 에서 180° 까지, 또한 선수미선의 선수에서 반시계방향으로 0° 에서 180° 까지의 풍향의 사이각은 (-)값으로 나타낸다. 압류방향은 표류자세와 마찬가지로 선수미선의 선수와 압류된 방향의 시계방향으로의 사이각을 0° 에서 180° 까지, 또한 선수미선의 선수에서 반시계방향으로 0° 에서 180° 까지의 압류된 방향의 사이각은 (-)값(그림 1의 $-\beta$)으로 나타낸다. 본 실험에서는 검류 drogue를 사용하였기 때문에 Coriolis력에 의한 압류방향의 편향은 소거되었다고 판단된다.

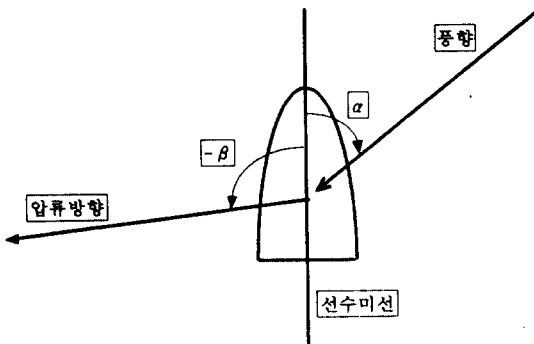


그림 1. 표류자세와 압류방향

3. 결과 및 고찰

3.1 표류자세

표류자세는 앞에서 설명한 바와 같이, 선박으로부터의 탈출위치 또는 구조위치를 결정하는데 중요한 요소가 된다. 그림 2는 풍속 W_{10} 과 표류자세 α 의 관계를 나타낸다.

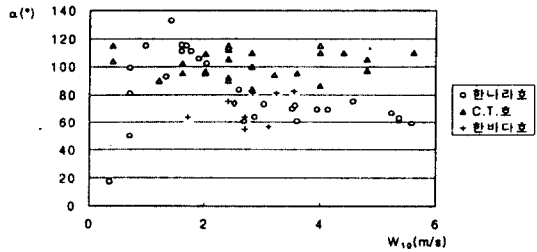


그림 2. 풍속과 표류자세

그림 2에서 횡축은 풍속 W_{10} , 종축은 표류자세 α 이며, 한나라호, C.T.호 및 한바다호의 실험결과를 나타낸 것이다.

그림 2에서 표류선은 풍속이 약할 때($W_{10} \leq 2.0\text{m/s}$), 표류선의 표류자세는 풍압의 영향을 별로 받지 않으며, 풍속이 어느 정도 강해지면($W_{10} > 2.0\text{m/s}$), 일정한 자세(한나라 약 $60^\circ \sim 75^\circ$, C.T.호 약 $85^\circ \sim 115^\circ$, 한바다호 약 $55^\circ \sim 82^\circ$)를 취하려는 경향을 보인다. 즉, 풍속이 일정 수준 이상이 되면 풍압력과 해수에 의한 유체 저항력이 균형을 이루어 선체의 상·하 주위의 모멘트가 작용하지 않으며, 따라서 회전이 일어나지 않기 때문에 일정한 표류자세를 취하는 것이라고 생각된다.

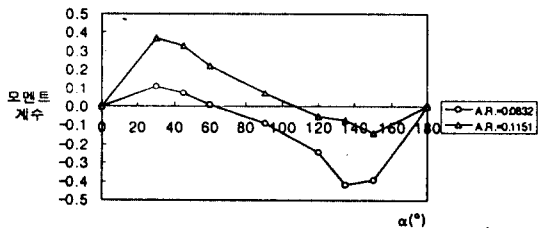


그림 3. 표류자세 α 와 모멘트 계수

그림 3은 표류선의 표류자세 α 와 바람에 의한 모멘트계수의 관계이다(岩井 등, 1976).

그림 3에서 횡축은 표류자세 α , 종축은 바람에 의한 모멘트계수이며, \circ 은 A.R.(aspect ratio:선체의 수면상 평균높이/수선장)이 0.0832로, A.R.은 한나라호(0.1073)와 다르지만, 선체 상부구조물의 형상(측면형상:뒤에 설명하는 면적중심의 선수·미방향으로의 위치)이 비슷하며, \triangle 은 A.R.이 0.1151인 자동차 운반선으로 C.T.호의 A.R.(0.1151)과 선체 상부구조물의 형상이 비슷한 경우의 모멘트계수를 나타낸 것이다. 모멘트계수는 선박의 A.R.과 상부구조물의 형상에 따라 현저하게 바뀐다. 그림 3에서 모멘트계수가 +일 때는, 선박은 시계방향으로, 모멘트계수가 -일 때 선박은 반시계방향으로 회전하려는 경향을 나타낸다. 즉 그림 3에서 A.R.이 0.0832일 경우 바람이 선수로부터 63° 까지($\alpha = 0^\circ \sim 63^\circ$)의 방향에서 불 때, 표류선은 반시계방향으로 회전(+모멘트)하여 표류자세를 약 63° 로 이루며, 바람이 63° 에서 선미까지($\alpha = 63^\circ \sim 180^\circ$)의 방향에서 불 때, 표류선은 앞에서와는 반대로 시계방향으로 회전(-모멘트)하여 표류자세를 약 63° 로 이루려고 한다. α 가 (-)값($\alpha = 0^\circ \sim -180^\circ$)인 경우, 모멘트계수의 부호 또한 반대로 바뀐다.

바람이 선수미, 63° (그림 3의 \circ), 110° (그림 3의 \triangle)에서 불 때, 선체의 회전모멘트는 0이며, 그림 2의 한나라호(\circ), 또는 C.T.호(\triangle)의 표류자세(각각 $60^\circ \sim 75^\circ$, $85^\circ \sim 115^\circ$)와 거의 일치한다.

표류자세는 파랑 또는 너울에 의해 상당히 영향을 받을 것이라고 판단되지만, 달 정박선이 주요하는 경우 옆바람을 받으면서 풍하측으로 압류되므로(井上 등, 1987), 바람이 일정속력 이상으로 불면 파랑 또는 너울이 없어도 표류선은 일정한 표류자세를 취할 것으로 생각된다. 또한 파랑 또는 너울이 표류자세에 미치는 영향은 앞으로 연구과제라 할 수 있다.

3.2 압류방향

바람이 선체의 정형부근에서 불 때, 즉 한나라호($A_U/A_L=2.30$)의 경우, (상대)풍향(표류자세 α)이

$60^\circ \sim 75^\circ$ ($-60^\circ \sim -75^\circ$)일 때의 압류방향 β 는 $-100^\circ \sim -140^\circ$ ($100^\circ \sim 140^\circ$)이다. 그리고 Tokaidaigaku Maru($A_U/A_L=1.81$)의 경우(鈴木 and 佐藤, 1977), 표류자세 α 가 $80^\circ \sim 105^\circ$ 일 때의 압류방향 β 는 $-45^\circ \sim -80^\circ$, Bosei Maru($A_U/A_L=1.68$)의 경우(鈴木 and 佐藤, 1977), 표류자세 α 가 $90^\circ \sim 110^\circ$ 일 때의 압류방향 β 는 $-40^\circ \sim -70^\circ$ 로 나타난다. 중·대형선의 경우 풍속이 일정이상으로 강해지면 선체가 압류되면서 일정한 표류자세를 취하고, 압류방향은 일정한 범위의 값을 나타낸다. 즉, 압류방향은 선체의 수면상 측면적(A_U)의 면적중심과 수면하 측면적(A_L)의 면적중심의 분포에 의해 영향을 받는다. 한나라호의 경우 수면상 측면적의 면적중심은 선체중앙에서 선미쪽으로 7.3m에 위치하고 있으며, 수면하 측면적의 면적중심은 선체중앙에서 선미쪽으로 2.7m에 위치하고 있기 때문에, 수면상에서의 풍압력과 수면하의 해수에 의한 유체저항력이 평형을 이루도록 표류자세를 바꾸면서 선체는 선미쪽($\pm 100^\circ \sim 140^\circ$)으로 압류된다고 할 수 있다.

3.3 압류속력

앞에서 설명한 바와같이 표류선은 해·조류 및 바람 등의 영향에 의해 표류한다. 그림 4에 표류실험 결과의 한 예를 30분 간격으로 나타내었다.

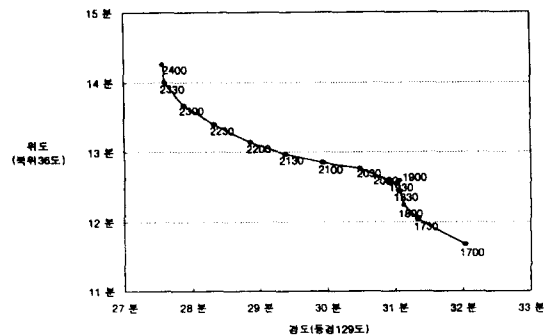


그림 4. 표류실험 결과의 한 예

표류선은 해·조류 및 바람의 영향에 의해 같은 시간간격일지라도 표류방향과 표류거리가 상당히

변함을 알 수 있다. 이 경우 평균표류속력은 0.36m/s 이었다. 압류속력은 바람에 의해 표류선이 압류된 속력을 말하며, 표류선의 표류속력에서 해·조류의 영향에 의한 속력을 소거한 것이다.

압류속력 V 는 압류가 정상상태일 때 Newton의 운동법칙에 의해 일반적으로 식(2)와 같은 관계가 성립한다.

$$V = C \sqrt{\frac{A_U}{A_L}} W_{10} \quad (2)$$

여기에서, C 는 무차원 parameter, A_U 는 선체의 수면상 측면적, A_L 은 선체의 수면하 측면적이다.

그림 5는 한나라호의 실험에서 얻은 풍속 W_{10} 과 압류속력 V 의 관계를 나타낸 것이다.

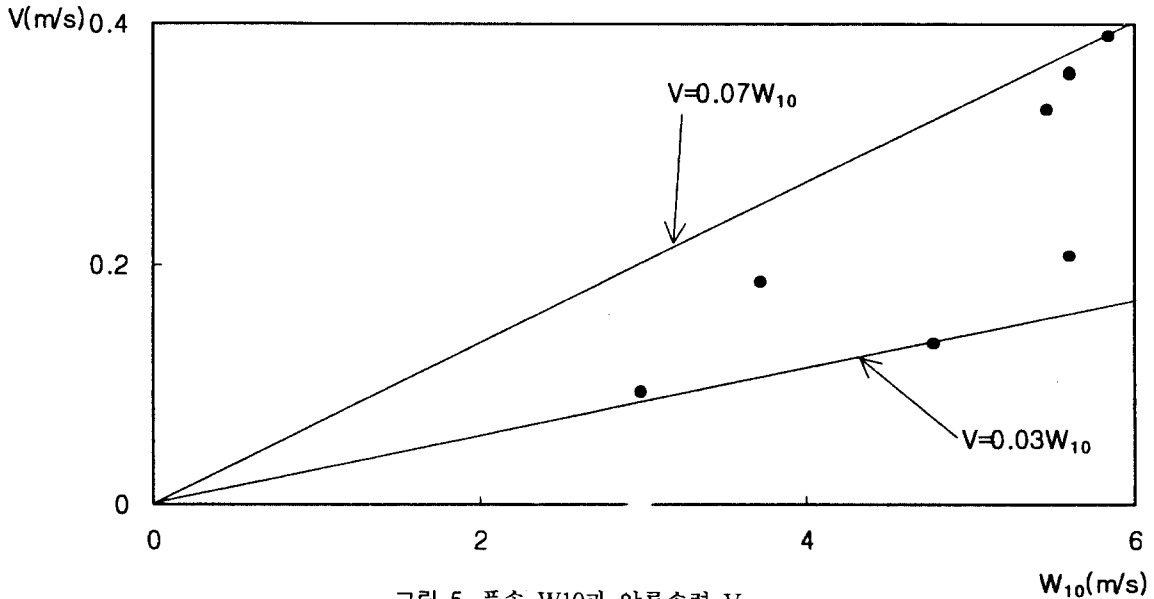


그림 5. 풍속 W_{10} 과 압류속력 V

그림 5에서 알 수 있듯이 한나라호의 경우, 압류속력 V 는 풍속 W_{10} 의 3%~7%범위이다. Tokaidai-gaku Maru($A_U/A_L=1.81$)의 경우(鈴木 and 佐藤, 1977), 압류속력 V 는 풍속 W_{10} 의 2%~4.8%, Bosei Maru($A_U/A_L=1.68$)의 경우(鈴木 and 佐藤, 1977), 압류속력 V 는 풍속 W_{10} 의 2.7%~6.6%이다. 일반적으로 압류속력은 A_U/A_L 또는 무차원

parameter C 의 영향을 크게 받을 것으로 추정된다. 특히 무차원 parameter C 는 풍향, 풍속, 선체의 형상 등의 함수이며, 무차원 parameter C 의 명확한 평가를 위해 더 많은 연구가 필요하다.

이 실험에서 풍속이 클 경우($W_{10}>6m/s$)의 자료를 얻을 수 없었지만, 해난이 황천시에만 발생하는 것은 아니라는 사실을 강조하고 싶다.

4. 결론

이상에서 살펴본 바와 같이, 본 연구에서 얻은 결론을 요약하면 다음과 같다.

- (1) 표류자세 α 는 풍속이 클 때는 풍속에 크게 영향을 받으며, A.R.과 선체 상부구조물의

형상에 의해 표류자세의 개략을 추정할 수 있다.

- (2) 중·대형선의 압류방향은 A.R.(aspect ratio) 및 선체의 수면상·하 측면적의 면적중심의 위치에 따라 변한다.
- (3) 한나라호의 경우, 압류속력 V 는 본 실험의 범위에서는 $0.03W_{10}<V<0.07W_{10}$ 이다.

참 고 문 헌

- [1] 姜信永, 수색 및 구조작업에 있어서 표류지점 추정의 전산화, 한국해안·해양공학회지 제5권 제1호, pp. 11-18, 1993.
- [2] 姜信永·李準, 소형선박의 표류특성 추정을 위한 현장실험, 해양안전학회지 제1권 제1호, pp. 1-8, 1995.
- [3] 朴光淳·姜始桓·姜信永, 수색 및 구조를 위한 표류치 추정, Ocean Reserach 10(2), pp. 69-72, 1988.
- [4] 井上 欣三, 주요하는 船舶의 거동해석과 피박 안전대책, 일본 항해학회 논문집 제78호, pp. 129-138, 1987.
- [5] 岩井 聰·藤井 照久·齊藤 善昭, 선체풍압력이 미치는 풍압면 형상의 영향에 관해서, 일본 항해학회 논문집 제55호, pp. 35-41, 1976.
- [6] 鈴木 常夫·佐藤 治夫, 어선 및 해양관측선의 풍파에 의한 표류량의 측정실험에 관하여, 일본항해학회 논문집 제57호, pp. 71-76, 1977.
- [7] 井桁 勇三·鈴木 常夫·佐藤 治夫, 소형어선의 조난·수색에 관한 해상실험 - I, 일본 항해학회 논문집 제68호, pp. 112, 1982.
- [8] 鈴木 常夫·佐藤 治夫·井桁 勇三, 소형어선의 조난·수색에 관한 해상실험 - III, 일본 항해학회 논문집 제73호, pp. 95-101, 1985.