

묘박 중인 선박의 주요 한계에 관한 연구(I)

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

* 한국해양대학교 운항훈련원, ** 한국해양대학교 항해시스템공학부,
*** 한국해양대학교 해양경찰학과, **** 한국해양대학교 대학원

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

Yun-Sok Lee* · Yun-Chul Jung** · Se-Won Kim** · Jong-Hwui Yun***

· Suk-Han Bae**** · Phung-Hung Nguyen****

* The Center of Ship Operation, Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea
** Division of Navigation System Engineering, Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea
*** Department of Maritime Police Science, Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea
**** Graduate School, Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

요 약 : 태풍이 내습하면 선박은 이를 피해 적절한 묘박지를 선정하여 묘박하게 된다. 묘박 중인 선박은 일단 태풍의 영향권에 들어가면 바람, 파도 및 해·조류에 의해 발생하는 외력과 이에 대응하여 묘와 묘쇄에 의한 파주력 및 기관 추진력에 의한 선박의 대응력이 서로 균형을 이룸으로써 주요되지 않고 안전하게 견딜 수 있다. 본 연구에서는 묘박 중인 선박이 주요되지 않고 견딜 수 있는 외력의 한계를 이론적으로 분석할 수 있는 방법을 제시하고, 이를 2003년 9월 태풍 매미가 내습했을 당시 진해만에 묘박했던 선박에 적용해봄으로써 그 타당성을 검토하였다.

핵심용어 : 해양사고, 묘박 안정성, 외력, 대항력, 파주력

Abstract : When typhoon approaches, ship normally drops her anchor at proper anchorage for sheltering. If an anchored ship is under the influence of typhoon, she can keep her position when the external force and counter force is balanced. Where, external force is induced by wind, wave and tidal currents while counter force is induced by holding power of anchor/chain and thrust force of main engine. In this study, authors presented a method to analyze theoretically the limit of external force for the ship to keep her position without being dragged and, to check the validity of the method, applied this to the ship which had been anchored in Jinhae Bay when the typhoon MAEMI passed on September 2003.

Key words : Marine accident, Anchoring stability, External force, Counter force, Holding power

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 40m/s 이상의 강풍을 수반함으로써 많은 해양사고를 야기하였다.

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

양사고는 총 25건으로, 이중 침몰 3척, 좌초 및 좌안 13척, 그리고 충돌 및 접촉이 각각 9척이었다. 이들 통계자료는 관찰 관청인 해양수산청 또는 해양경찰서에 신고된 해양사고 통계이기 때문에 실제 신고되지 아니한 경미한 사고나 단순 주요 사고는 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 피항시 묘박중인 선박의 안정성을 평가할 수 있는 이론적 방법을 제시하고, 이를 태풍 매미 상륙시 진해만에 묘박했던 실제 선박에 적용함으로써 묘박중인 선박의 주요한계에 대하여 검토하도록 한다. 따라서 본 연구의 결과는 본선 선장들이 태풍 피항을 위해 묘박시 주요방지를 위한 대책의 수립에 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

* 대표저자 : 이윤석(중신회원), lys@bada.hhu.ac.kr, 051)410-4204

** 중신회원, ycjung@hhu.ac.kr, 051)410-4286, 중신회원, swkim@mail.hhu.ac.kr, 051)410-4278

*** 중신회원, jhyun@mail.hhu.ac.kr, 051)410-4279

2. 태풍 매미의 내습과 영향

태풍 매미는 한반도에 상륙 당시 그 중심기압이 954hPa로서 그동안 우리나라에 상륙한 태풍 중에서 두 번째로 중심기압이 낮은 대형 태풍이었다. 그리고 한반도 통과시 최대풍속 40m/s 이상의 강한 바람과 많은 비를 동반함으로써 남해안 지역에 큰 피해를 야기하였다. 이하 태풍 매미의 영향에 대해 살펴본다.

2.1 태풍 매미의 이동경로

Fig. 1은 태풍 매미가 발생 초기부터 한반도를 완전히 빠져 나갈 때까지의 이동경로를 나타낸 것이다. 태풍 매미는 9월 3일 10°N, 149°E 부근에서 열대저기압으로 발생하여 북서진중 9월 6일 괌섬 부근에서 중심 최대풍속이 34kts 이상이 됨으로써 제14호 태풍 매미로 명명되었다.

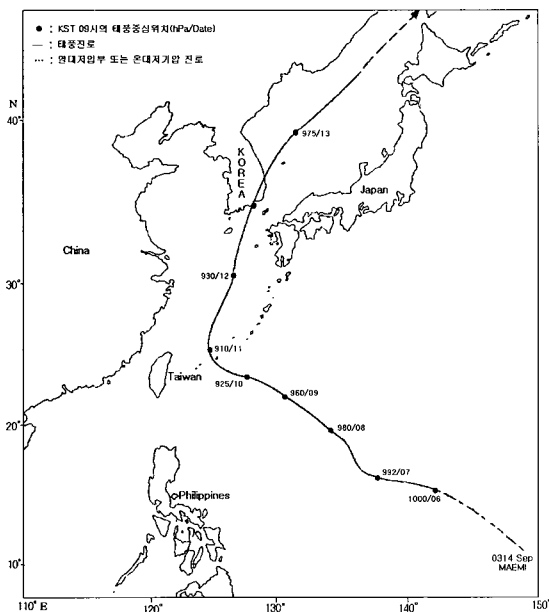


Fig. 1 Moving path of MAEMI

그 후 11일에 대만 동쪽 약 150마일 해상에 이를 때까지 서북서~북서진하다가, 점차 북쪽으로 방향을 바꾸면서 전향하였다. 그러나 일반적으로 서부 북태평양에서 태풍이 전향후 북동~동북동진하는 것과 달리, 이 태풍은 전향후 북북동진하여 제주도 동쪽 해상을 거쳐 12일 21시경 우리나라 남해중부 해안에 상륙하였다. 그 후 태풍은 함안, 울진을 거쳐 13일에는 완전히 동해로 빠져나갔다.

2.2 태풍 매미 통과시 진해만의 기상

태풍 매미가 9월 12일 하루 동안 우리나라를 통과하는 동안 관측된 기상 관측치를 Table 1에 나타내었다. 최대순간풍속은 제주에서 60m/s로 관측되어 우리나라 기상관측 사상 가장 큰

값을 기록하였고, 여수에서 49.2m/s, 통영에서 43.8m/s, 그리고 부산에서 42.7m/s를 각각 기록하였다.

Table 1 Max. wind velocity and max. wind gust

지 점	제 주	고 산	여 수	통 영	부 산
최대풍속	39.5	51.1	35.9	30.0	26.1
최대순간풍속	60.0	60.0	49.2	43.8	42.7

자료출처 : 기상청 기상소식지 2003년 10월호, 단위 : m/s

특히, 부산에서 기록된 42.7m/s의 최대순간풍속은 지난 15년 동안 이 지역에 영향을 주었던 다른 태풍들의 최대순간풍속과 비교할 때 이례적으로 강한 풍속이었다. 동시에 태풍 매미는 경남 사천 지방에 상륙하였으며, 이로 인해 진해만이 태풍의 우측반원에 위치함으로써 그 피해가 더욱 가중되었다.

아울러 태풍 매미는 호우를 동반하였는데, 9월 11일 제주도 및 남해안 지방이 태풍의 전면 수렴대에 위치하면서 강수가 시작되어 9월 11일부터 13일 09시까지 전국적으로 10~450mm의 비가 내렸으며 지역별로 강수량의 편차가 크게 나타났다. 특히, 태풍이 지나가는 진로 상에 위치했던 남해안 지방과 강원 영동지방에서 시간당 47.0(대관령)~79.5mm(남해)의 집중호우가 발생하였고, 이 지역의 강수량도 400mm 내외를 기록하였다. 지역별 강수량은 제주도 60~270mm, 전라남도 70~300mm, 경상남북도 100~450mm, 강원영동지방 100~400mm이었으며, 전라북도 30~130mm, 충청남북도 20~160mm, 서울경기도 10~50mm, 강원영서지방이 20~150mm이었다.

또한 태풍 매미가 한반도를 통과할 때 나타난 현저한 현상으로는 해수면 상승과 높은 파고를 들 수 있다. 경남 해안지방에서는 만조시각에 가까운 9월 12일 20시경 평상시 기압보다 60hPa이나 낮은 태풍 매미가 상륙함으로써 해수면이 약 60cm 정도 상승하였다. 아울러 최대풍속 약 40m/s의 강한 남~남서풍에 의해 형성된 높은 파도(거제도 동쪽 해상관측 부표에서 관측한 21시경 유의파고 약 7.0m)가 해안에 밀려옴으로써 남해안 지방 여러 곳에 큰 침수피해가 발생하였다.

Fig. 2는 한국해양대학교 실습선 한바다호에서 2003년 9월 12일 15시부터 24시까지 15분 간격으로 관측한 기압, 풍향풍속¹⁾ 자료를 도시한 것이다. 이에 따르면 기압은 태풍이 접근하면서 급격히 하강하여 21시에 961hPa로 최저치를 보여주었고, 풍속은 17시부터 강해지면서 22시에 46.3m/s로 최대치를 보이고 있다. 이는 가덕도 AWS에서 관측된 자료와 비교했을 때 그 극값이 상당한 차이를 보이고 있으나 그 변화 패턴은 매우 유사하게 나타났다. 여기서 극값의 차이가 발생한 이유는 관측 장소의 차이, 관측 시간간격의 차이, 관측 방법의 차이, 관측 고도의 차이 등 여러 요인으로 인한 것으로 추정된다.

1) 한바다호의 갑판일지(Deck Log)에서 발췌한 자료

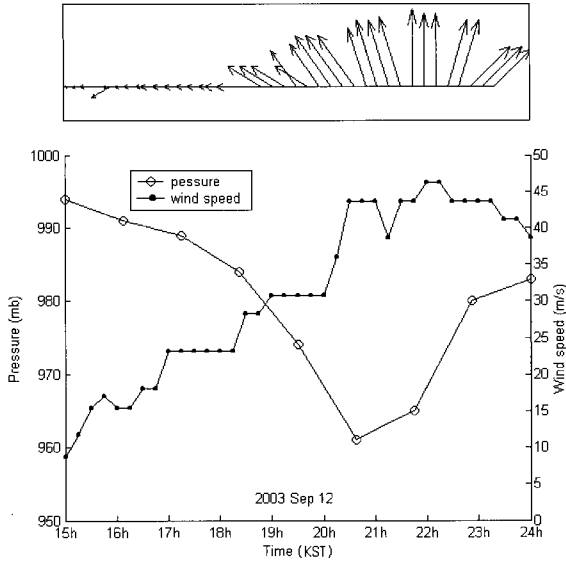


Fig. 2 Time series of pressure and wind observed at T/S Hanbada during the passage of MAEMI

2.3 태풍 매미 통과시 진해만의 해상

태풍 매미 통과시 진해만에서 관측된 파랑자료는 없고 대신 거제도 동쪽 해상에 설치된 관측부표에서 관측된 자료가 있다. 이에 따르면 12일 10시까지 파고는 1.0m 이하로 낮은 편이지만, 태풍이 접근하면서 파고는 급격하게 높아져 21시 경에는 무려 7.0m에 이르렀고, 파주기도 파고의 증가와 비슷하게 12일 15시까지 10~11초이던 것이 21시경에는 16.7초로 증가하였다. 그러나 진해만은 외해와 격리되어 있고, 수심이 얇은 천해역이며 또한, 취송거리가 짧아 외해에서 관측된 유의파를 그대로 사용하는 것은 무리가 있다고 판단된다. 따라서 천해역에서 단순히 바람에 의해 파가 발생된다는 가정하에 Bretschneider and Reid(1953)가 제시한 식을 이용하여 진해만의 유의파를 계산하였다.

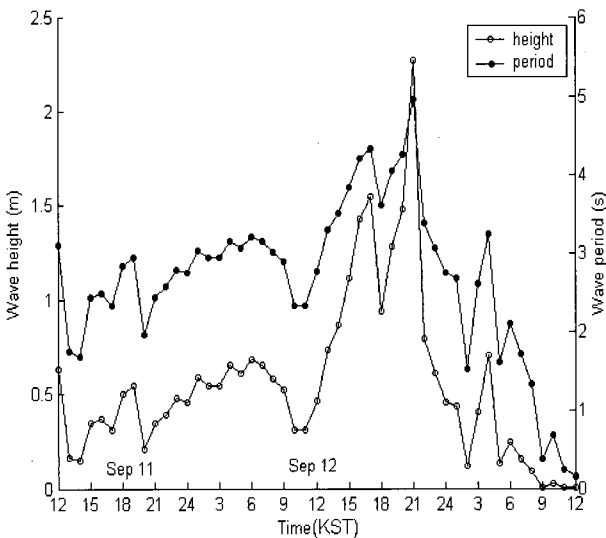


Fig. 3 Significant wave height and period generated for shallow waters by wind

Fig. 3은 그 계산결과를 나타낸 것으로, 파고는 태풍통과 2시간 전까지 약 1m 내외로 낮은 편이나, 태풍이 통과한 21시경에는 2.3m로 증가한다. 그리고 주기는 태풍통과 4~5시간 전까지 약 4초이고, 21시경 4.9초로 최대치를 보인다. 그러나 계산에 의해 얻어진 유의파는 진해만에서(가덕도 북쪽) 불과 10마일 밖에 떨어져 있지 않은 거제도 동쪽 해상에서 관측된 대양파의 최대파고 및 주기의 약 1/3에 지나지 않아 실제보다 적게 추정된 것으로 보인다. 실제로 진해만은 외해 대양파가 일부 유입되어 육지에 반사된 반사파의 영향이 있을 것이므로 이 계산치보다 클 것으로 예상된다.

3. 묘박 선박의 안정성 평가

묘박 선박의 안정성은 먼저 기상자료를 토대로 선체에 작용하는 각종 외력을 산정하고, 본선의 운항자료를 토대로 파주력 및 추진력을 추정한 다음 평형방정식을 이용하여 이들을 상호 비교함으로써 평가가 가능하다.

3.1 묘박 선박의 평형방정식

(1) 묘박 선박에 작용하는 외력

태풍의 내습에 의해 선박에 영향을 미치는 외적 요소로는 바람, 파랑 및 해조류 등이 있다. 일반적으로 이러한 외적 요소들에 의해 선체에 가해지는 힘을 총칭하여 외력(external force)이라고 정의한다. 이를 다시 세분하면 바람에 의한 풍압력(wind force), 파랑에 의한 표류력(drifting force), 해조류에 의한 유압력(current force), 그리고 바람과 파랑에 의한 선체 운동 등이 있다.

(2) 묘박 선박의 대항력

묘박 선박이 외력에 대항하여 견디는 힘을 총칭하여 대항력(counter force)이라고 정의하며, 이에겐 앵커에 의한 파주력(holding power)과 기관에 의한 추진력(thrust force) 등 두 가지가 있다. 파주력의 크기를 결정하는 앵커 및 앵커 체인의 규격은 선박의 의장수에 의해 정해지며, 의장수는 본선의 주요 제원 즉 길이, 폭, 흘수, 배수량 및 풍압면적 등에 의해 계산된다. 추진력은 기관의 출력에 의해 결정되며, 이는 선박 건조시 선주의 선택사항이다.

(3) 묘박 선박의 평형방정식

묘박 선박의 안정성을 평가하기 위해 외력과 대항력으로 구성되는 평형방정식을 유도할 수 있다. 이때 외력(F_E)은 풍압력(F_W), 표류력(F_D), 유압력(F_C)을 합친 값이며, 이에 대응하는 대항력(F_S)은 파주력(F_H)과 추진력(F_T)을 합친 값이다. 이 두 힘을 같게 놓음으로써 식 (1)과 같은 평형방정식이 성립된다.

$$F_W + F_D + F_C = F_H + F_T \tag{1}$$

상기 식에 제시된 외력 이외에도 묘박 선박에 영향을 미치는 요소로 바람과 파랑에 의해 발생하는 선체 동요를 생각할 수 있다. 그러나 묘박 선박에 발생하는 동요는 현실적으로 그 운동량을 정확하게 예측하기가 매우 곤란하므로 여기서는 이를 생략하고 정상상태에서의 평형방정식을 고려하였다.

3.2 평형 요소와 산정법

평형방정식을 구성하는 각 평형 요소와 그 산정법은 다음과 같다.

(1) 풍압력

바람에 의해 발생하는 풍압력(F_w)은 풍압면적, 풍속 및 풍압계수 등에 의해 결정되며 일반적으로 다음의 식이 자주 사용된다.

$$F_w = \frac{1}{2} \rho_a C_{wa} A_F v_a^2 \quad (2)$$

여기서, A_F 는 정면 풍압면적, C_{wa} 는 풍압계수, v_a 는 풍속, 그리고 ρ_a 는 공기밀도이다. 풍압계수는 Fujiwara(1998)의 공식을 사용하여 구할 수 있다. 풍압력을 산출하는 식 (2)는 정면 풍압면적을 기준으로 하고 있다. 그러나 묘박 선박은 강한 바람을 받을 경우 선수가 좌우로 움직이는 Swing 현상이 발생하므로, 이에 대한 고려가 필요하다.

(2) 표류력

파랑에 의해 발생하는 표류력(F_D)은 규칙성분과 불규칙성분으로 나눌 수 있으며, 주기적으로 변동하는 규칙성분은 다음과 같다. Hirano(1995)에 의하면, 규칙성분인 정상 표류력은 상대 파향과 파장/선장비(λ/L)의 함수로 표현되는 표류계수와 파 진폭을 변수로 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$F_D = \frac{1}{2} \rho_w C_{xw} g L h_c^2 \quad (3)$$

여기서, C_{xw} 는 표류계수, ρ_w 는 해수밀도, h_c 는 파 진폭, 그리고 L 는 선체길이이다. 그러나 실제 해상상태는 불규칙파이므로 식 (3)의 정상 표류력에 불규칙파에 의한 영향을 고려해줄 필요가 있다. Remery(1973)의 연구에 의하면, 불규칙파 중의 평균 표류력은 유의파의 진폭과 평균파의 주기에 대응하는 규칙파가 갖는 표류력의 약 1/8 정도로 알려져 있다.

(3) 유압력

해·조류에 의해 발생하는 유압력(F_c)은 선체의 수면하 침수면적, 해·조류의 속도 및 방향, 그리고 유압계수 등에 의해 결정되며, 다음 식에 의해 계산된다.

$$F_c = \frac{1}{2} \rho_w C_{xc} A_S v_c^2 \quad (4)$$

여기서, C_{xc} 는 유압계수, v_c 는 유속, ρ_w 는 해수밀도, 그리고 A_S 는 선체의 수면하면적이다. 선체의 수면하면적은 보통 선체의 길이와 흘수의 곱으로 계산된다.

(4) 파주력

일반적으로 앵커 및 앵커 체인이 해저 바닥에 박혀 끌리지 않으려는 힘을 파주력이라 한다. 파주력은 Fig. 4에서 보는 것처럼 해저 바닥에 놓인 앵커와 앵커 체인으로 구성되는 파주부에 의해 발생하며, 동일한 규격의 앵커 및 체인이라 하더라도 해저 저질에 따라 그 값이 달라진다. 파주력(F_H)은 보통 다음 식에 의해 계산된다.

$$F_H = P_a + P_c = \lambda_a w_a + w_c \lambda_c l \quad (5)$$

여기서, λ_a 는 앵커의 파주계수, λ_c 는 체인의 파주계수, w_a 는 앵커의 수중중량, w_c 는 체인의 수중중량, 그리고 l 는 해저에 깔린 체인의 길이이다.

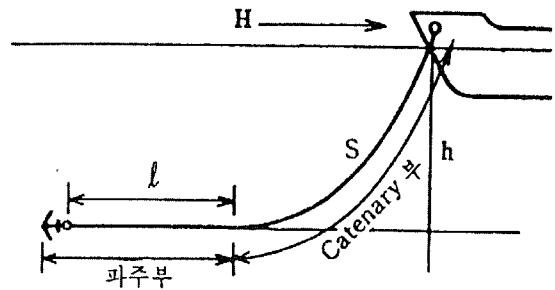


Fig. 4 Holding power of anchoring ship

2묘박에 대한 파주력의 계산은 좌, 우현 앵커 체인이 선수 미선과 이루는 각을 각각 α_s 및 α_p 라 할 때 총 파주력(P_T)은 식에 의해 계산된다.

$$P_T = P_p \cos \alpha_p + P_s \cos \alpha_s \quad (6)$$

여기서, P_p 는 좌현 앵커 및 체인의 파주력 그리고 P_s 는 우현 앵커 및 체인의 파주력이다. 그리고 체인 파주부의 길이는 외력의 크기에 따라 달라진다. 따라서 풍압력에 따른 체인 파주부의 길이를 먼저 계산한 다음, 계산된 파주부의 길이를 토대로 총 파주력을 계산할 수 있다.

체인 파주부의 길이는 현수부의 길이로부터 구할 수 있으며, 현수부의 길이(S)는 다음 식에 의해 계산된다.

$$S = \sqrt{h \left(h + \frac{2H}{w_c} \right)} \quad (7)$$

여기서, h 는 묘쇄 공에서 해저까지의 높이(m), w_c 는 단위 길이 체인의 수중무게(톤), 그리고 H 는 외력에 의해 체인에 작용하는 장력(톤)이다.

(5) 추진력

추진력은 선속에 따른 추력계수 및 프로펠러 회전수를 이용하여 계산이 가능하다. 일반적으로 프로펠러 단독시험을 통해 얻어진 추력계수를 사용하여, 추진력(T)은 다음 식에 의해 계산된다.

$$T = \rho_w K_t n^2 D^4 \quad (8)$$

여기서, K_t 는 추력계수, ρ_w 는 해수밀도, n 는 프로펠러 회전수, 그리고 D 는 프로펠러 직경이다. 추력계수는 프로펠러 단독시험 곡선으로부터 얻어진다.

식 (8)에 의해 계산된 추진력은 프로펠러 단독추진력인데, 실제 선박에 장착된 프로펠러의 추진력(F_T)은 이보다 적고 다음 식에 의해 계산할 수 있다.

$$F_T = (1 - (\frac{1}{2} C_b - 0.15)) \times T \quad (9)$$

여기서, C_b 는 선체의 방형비척계수이다.

4. 현장 적용 및 결과

이 장에서는 3장에서 소개된 묘박 선박의 안정성 평가를 실제 선박에 적용해봄으로써 그 유용성을 검토하도록 한다.

4.1 D호 해양사고의 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 피항의 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 6.5사클로 투묘하였다. 태풍 매미가 접근하면서 동일 15시부터 기상이 점차 악화되었고 16시부터는 비와 함께 바람이 풍력계급 6까지 강해졌다. 18시경 선장은 주묘에 대비하여 언제든지 기관을 사용할 수 있도록 준비하는 한편, 1항사를 선수에 배치하여 앵커 체인의 상태를 관찰하도록 지시하였다. 18시 40분경 바람이 더 강해지므로 선장은 좌

현 앵커를 추가로 4사클로 투묘하였다. 18시 50분경 D호는 강한 바람과 높은 파도에 밀려 흑암 남서쪽으로 주묘되기 시작하였다.

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

4.2 D호 묘박 안정성의 검토

이 절에서는 태풍 매미 내습시 본선에 작용하였던 외력과 대항력을 서로 비교함으로써 D호의 묘박 안정성을 검토한다.

(1) D호에 작용한 외력

Fig. 5는 태풍 매미가 내습했을 때 D호에 작용하였던 풍속의 변화에 따른 외력(풍압력 및 표류력²⁾)의 크기를 나타낸 것이다. 표류력의 경우 이론식을 통해 추정된 유의파고 2.3m에 대한 값을 사용하였다. 그러나 실제 유의파고는 반사파 및 파랑 사이의 공진에 따른 영향으로 이 보다 클 것으로 판단된다.

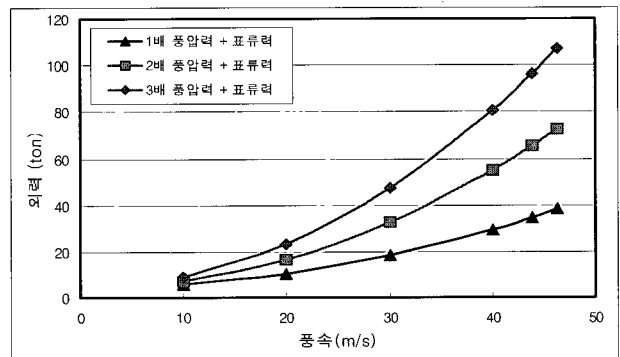


Fig. 5 Change of external force with wind speed

앞서 언급한대로 묘박 선박에 강한 바람이 작용하면 선수 Swing 현상이 발생한다. 따라서 선박이 주묘되기 전까지 선체에 작용하는 풍압력은 정면 풍압면적 외에 측면 풍압면적을 추가로 고려해야 한다. 그러나 측면 풍압면적은 순간순간 바뀌므로 정면 풍압면적을 보정하는 방법을 사용하여 측면 풍압면적의 영향을 고려한다. 따라서 풍압력은 정면 풍압면적의 1, 2, 3배에 해당하는 풍압력을 모두 계산하여 제시하였다. 참고로 Honda(1996)에 따르면 묘박중인 선박의 풍압력을 산출하기 위해 적하상태에 따라 만선상태에서는 정면 풍압면적의 2배를, 그리고 공선상태에서는 정면 풍압면적의 3배에 해당하는 값을 각각 사용하고 있다.

(2) D호의 파주력 및 대항력

Fig. 6은 D호가 각각 단묘박³⁾, 2묘박⁴⁾ 및 양묘박⁵⁾했을 경우

2) 외력 중에서 유압력은 그 크기가 작아 생략하였다. 참고로 당시 사고선박이 묘박했던 곳의 조류는 12cm/s이었다.

3) 단묘박이란 좌현 체인을 6.5사클로 신출하여 묘박한 것으로 정의한다.

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

5) 양묘박이란 양현 체인을 각각 8사클로 동일하게 신출하여 묘박한 것으로 정의한다.

에 풍속에 따른 대항력(파주력 및 추진력)의 크기를 나타낸 것이다. 파주력은 풍속이 증가함에 따라 점차 감소하는데 이는 풍속이 증가함에 따라 체인 파주부의 길이가 감소하기 때문이다. 추진력은 엔진을 최대로 사용할 경우 양묘박 풍속 40m/s일 때의 파주력의 약 50% 정도로 나타났다. 그러나 이는 선박건조 당시 프로펠러 시운전 결과에 따른 자료를 사용하여 추정된 값이기 때문에, 실제로는 기관의 노후에 따른 추력 감소로 이보다 적었을 것으로 생각된다.

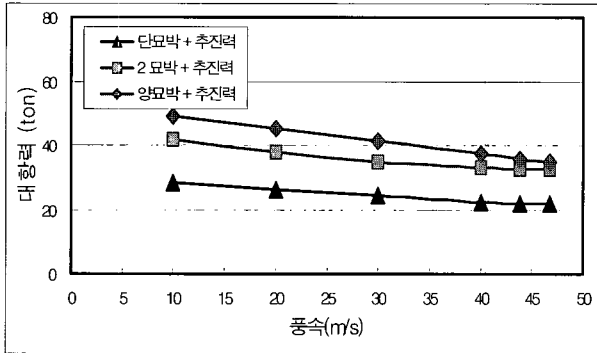


Fig. 6 Change of counter force with wind speed

(3) D호의 주요한계

Fig. 7은 태풍 매미 내습시 D호에 작용하였던 외력과 파주력을 동시에 나타낸 것으로, 엔진을 사용하지 않은 상태에서 선박이 주요되지 않고 견딜 수 있는 한계풍속을 보여준다. 앞에서 이미 언급하였듯이, 풍속이 강해지면 선수 Swing 현상이 유발되기 때문에 풍압면적은 순간순간 달라진다. 따라서 주요되기 전에 선박이 견딜 수 있는 풍압력은 최대 3배 풍압력에서 최소 1배 풍압력 사이에 존재한다. 따라서 엔진을 사용하지 않고 본선의 파주력만으로 외력에 대항할 수 있는 한계풍속은 2묘박의 경우 22~33m/s 그리고 양묘박의 경우 23~36m/s임을 각각 알 수 있다.

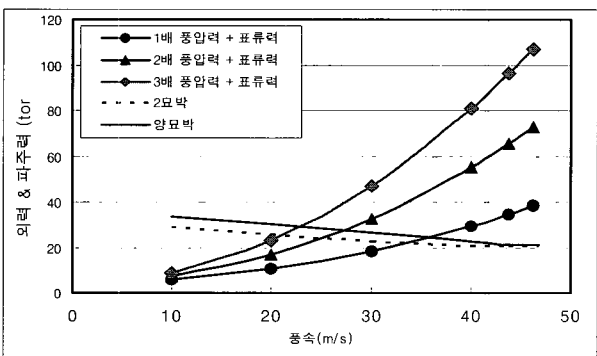


Fig. 7 Change of external force and holding power with wind speed

Fig. 8은 태풍 매미 내습시 D호에 작용하였던 외력과 대항력을 동시에 나타낸 것으로, 엔진을 최대로 사용했을 경우에 선박이 주요되지 않고 견딜 수 있는 한계풍속을 보여준다.

다. 엔진을 최대로 사용할 경우 D호가 외력에 대항할 수 있는 한계풍속은 2묘박의 경우 25~43m/s, 그리고 양묘박의 경우 27~43m/s임을 각각 알 수 있다. 이는 D호가 가장 파주력이 큰 양묘박 상태에서 가장 적은 풍압력인 1배 풍압력을 받을 때 엔진을 최대로 사용한다면 주요 한계풍속이 43m/s임을 의미한다. 물론 이는 1배 풍압력을 기준으로 한 한계풍속이기 때문에 실제 한계풍속은 이보다 적을 것으로 사료된다.

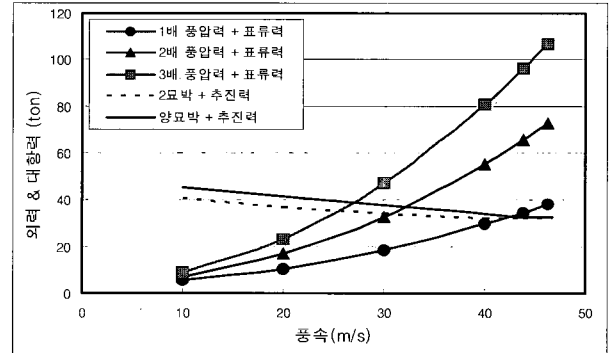


Fig. 8 Change of external force and counter force with wind speed

(4) D호 주요한계에 대한 검토

D호 선장의 진술에 의하면, 동 선박이 주요된 시각은 12일 18시 50분경이었으며, 이때 주변에 묘박했던 실습선 한바다호에서 관측된 풍속은 약 29m/s이었다. 4.2-(3)절의 검토 결과에 의하면 2묘박 상태에서 엔진을 사용할 경우 주요의 한계풍속은 25~43m/s이다. 따라서 D호가 주요된 시각의 관측풍속 29m/s는 Fig. 8로부터 약 2.5배의 풍압력을 받는 경우에 해당됨을 알 수 있다. 그리고 이 2.5배 풍압력을 양묘박에 적용한다면 주요 한계풍속이 30m/s가 됨을 또한 알 수 있다. 따라서 2묘박과 양묘박 사이에 주요 한계풍속은 큰 차이가 없음을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 묘박중인 선박의 안정성을 검토하기 위한 이론적 방법을 제시하고, 이를 실제 선박에 적용함으로써 그 타당성을 검토하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 묘박중인 선박의 안정성 여부는 외력과 대항력의 크기를 서로 비교함으로써 검토가 가능하며, 이중 주요에 가장 큰 영향을 미치는 요소는 풍압력임을 확인하였다.
- (2) 묘박중인 선박이 주요 직전에 받는 풍압력은 적하상태에 따라 달라지지만 정면 풍압면적의 2~3배에 해당하는 값이며, 진해만 묘박 선박에 적용한 결과 약 2.5배 정도인 것으로 확인되었다.
- (3) 선박의 파주력은 앵커와 체인에 의해 발생하며 앵커 파주력이 체인 파주력에 비해 훨씬 크다. 따라서 강력한 태풍의 피항을 위해서는 가능한 2묘박 또는 양묘박이 바람직하

다. 진해만 묘박 선박의 경우 주요 한계풍속은 2묘박과 양묘박 사이에 큰 차이가 없었다.

(4) 추진력은 엔진을 최대로 사용할 경우 양묘박시 풍속 40m/s 파주력의 약 50% 정도인 것으로 나타났다. 따라서 엔진의 적절한 사용⁶⁾은 주묘를 방지하는데 큰 효과가 있음을 알 수 있다. 그러나 상기 값은 선박건조 당시 프로펠러 시운전 결과에 따른 자료를 사용하여 추정된 값이기 때문에, 실제 엔진 사용에 따른 추진력은 기관의 노후에 따른 추력 감소분을 고려하면 이보다 적을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

[1] 마산지방 해양수산청(2003), 해양사고 통계.
 [2] 한국해양대학교(2003), 갑판항해일지, 실습선 한바다호.
 [3] Bretschneider, C. L. and Reid, R. O.(1953), Change in Water Height due to Bottom Friction, Percolation and Refraction, 34th Annual Meeting of American Geophysical Union.

[4] Fujiwara(1998), The Estimation of Wind Force and Moments Acting on Ships, The Society of Naval Architecture of Japan, No. 183, pp.77-90.
 [5] Hirano(1995), The Application of Maneuvering Study to Ship's Design, The Society of Naval Architecture of Japan, pp.48-50.
 [6] Honda(1986), Ship Maneuvering, Chapter 4 : The Maneuvering for Entering Port and Anchoring, Seong San Dang.
 [7] Remery(1973), The Mean Wave and Current Forces of Offshore Structures and their Role in the Design of Mooring Systems, The 5th Offshore Technology Conference, Houston, USA.

원고접수일 : 2005년 4월 6일
 원고채택일 : 2005년 6월 7일

6) 엔진은 앵커 체인의 장력을 줄여주는 방향으로 사용하여야 한다. 강풍 속에서 선수는 swing하게 되므로 엔진 사용은 주의깊게 이루어져야 한다.