

태풍 매미의 피항에 관한 연구 - 가야호를 중심으로 -

김민석[†] · 강일권 · 김형석 · 정순범*

부경대학교 · *여수대학교

A Study on the Avoidance of Typhoon "Maemi" - Mainly on the training ship KAYA -

Min-Seok KIM[†], Il-Kwon KANG, Hyeong-Seok KIM, Sun-Beom JEONG*
Pukyong National University · *Yeosu National University

Abstract

The power and scale of 950 hPa typhoon "Maemi" which struck the shore of Gosung in Kyungnam Province was same as that of 951 hPa typhoon "Saraho" in 1959. For the purpose of getting the safety of training ship "KAYA", we anchored at Jinhae Bay with riding at two anchors paid out 8 shackles of cable respectively. By the way when wind force being over 30m/s, we could not keep the safety of the ship "KAYA" by means of the holding power of an anchor only. Just by using the main engine moderately, we were able to maintain the security of the ship. The holding power of an anchor according to the way of anchoring, the quality of sea bottom, the direction and speed of wind and current, and the length of an anchor cable were analyzed.

The obtained results are summarized as follows :

1. When riding at two anchors rather than lying at single anchor we could get a good holding power.
2. There was a big difference in holding power according to the quality of the bottom.
3. It would be best anchoring in a soft mud area than in any other place as possible.
4. It would also be desirable to set anchor shackles much more than equipment number prescribed in regulation in order to get safety of a ship providing against typhoon.

Key words : anchor(닻), holding power(파주력), security of the ship(선박의 안전), riding at two anchors(이묘박), lying at single anchor(단묘박)

서 론

태풍 14호 매미(2003년)는 경남 고성 부근 해안에 상륙했는데, 당시 중심기압이 950 hPa로 1959년에 우리나라에 상륙한 태풍 중에서 951 hPa였던 사라호 태풍과 비슷한 대형 태풍이었다. 남해안에

상륙하여 내륙에 진입한 후에도 힘이 약해지지 않고, 오히려 파괴력이 커짐으로써 인명과 재산에 막대한 피해를 주었다. 태풍의 크기와 예상 진로 등은 태풍이 우리나라에 접근하여 상륙하기 며칠 전부터 예보를 통하여 알려졌으나, 크기와 위력에 비해 대비책은 소홀했지 않았나 하는 생각이 든다. 기상학

[†] Corresponding author : minskim@pknu.ac.kr

의 분류로 보면 중형급이 맞으나 이제까지 우리나라에 상륙한 태풍 중에서는 사라호와 비슷한 큰 태풍이었기 때문에 사라호와 비교하여 홍보했다라면 이에 대비한 준비도 그에 알맞게 할 수 있어서 인명과 재산의 피해도 더 줄일 수 있었으리라 생각된다. 실습선 가야호는 태풍이 남해안에 접근해오에 따라 피항차 부산을 출발하여 진해만으로 피항을 했다. 피항수역에서 태풍이 가장 가까이 접근했을 때 거리는 불과 10마일로 가야호에서 관측된 바에 의하면 최대풍속 62m/s까지 관측되었으며, 풍향-풍속계의 관측 가능범위가 좀 더 컸더라면 실제의 최대풍속은 62m/s 이상이 되었을 것으로 사료된다. 선박을 대피시킨 운항자들은 기상예보 자료를 근거로 하여 태풍이 내습할 때 자선의 피항능력 즉 태풍으로부터 자선의 파주력의 한계 등을 미리 예측해 볼 수 있다. 이렇게 파주력에 대한 예측된 결과를 가지고 미리 대비한다면 태풍 내습시에 피해를 미연에 방지하거나 불가피할 경우 피해를 최소화 할 수 있을 것으로 생각하여 실제로 태풍을 조우했을 때의 상황에서 파주력에 대한 자료를 조사했으나 찾아볼 수 없었다.

따라서 본 논문에서는 태풍 피항을 하고 있는 선박의 운항자들에게 묘박의 방법, 해저의 저질, 풍속과 파도의 세기, 묘박의 길이 등에 따른 파주력의 변화를 분석 검토하는 방법을 제시하였다.

재료 및 방법

1. 현수곡선의 길이

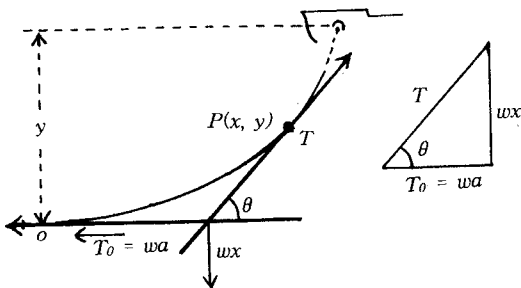


Fig. 1. The length of a catenary curve.

현수선의 임의 점 P의 좌표를 x, y라 하고, 단위 길이당 중량을 w, 장력 T 및 수평장력 T₀와 P점까지 묘박중량 wx가 서로 균형을 이루고 있는 것으로 가정한다.

Fig. 1에서 현수선의 기울기를 생각해 보면

$$\frac{dy}{dx} = \frac{wx}{wa} = \frac{x}{a}$$

$$y = \frac{x^2}{2a} + c \quad (\text{단, } a \text{는 변수}) \text{이 성립한다.}$$

또, $T^2 = T_0^2 + (wx)^2 = w^2(a^2 + 2ay)$ 에서 a에 비해 y는 미소하므로

$$a^2 + 2ay \approx a^2 + 2ay + y^2$$

$$\therefore T^2 = w^2(a + y)^2$$

$$T = w(a + y) = T_0 + wy$$

이것을 다시 정리하면

$$(wx)^2 = T^2 - T_0^2 = 2T_0wy + w^2y^2$$

$$\therefore x = \sqrt{y \left(\frac{2T_0}{w} + y \right)} \dots\dots\dots(1)$$

로 나타낼 수 있다¹⁾⁻³⁾.

2. 외력의 영향

선체에 작용하는 풍압력과 유압력은 각각 다음식에 의해 구할 수 있다^{4), 5)}.

① 풍압력

$$R_a = \frac{1}{2} \rho_a C_a V^2 (A \cos^2 \theta + B \sin^2 \theta) \dots\dots\dots(2)$$

단, ρ_a : 공기밀도

C_a : 풍압계수

V : 풍속 (m/s)

A : 수선 상부의 선체 정면 투영면적 (m²)

B : 수선 상부의 선체 측면 투영면적 (m²)

θ : 풍향 (deg)

② 유압력

$$R_w = \frac{1}{2} \rho_w C_w V^2 (A \cos^2 \theta + B \sin^2 \theta) \dots\dots\dots(3)$$

단, ρ_w : 해수밀도

C_w : 유압력 계수

V : 상대유속 (m/s)

A : 수선 하부의 선체 정면 투영면적 (m²)

B : 수선 하부의 선체 측면 투영면적 (m²)

θ : 유향 (deg)

3. 사용한 선박

태풍 피항 선박은 부경대학교 실습선 가야호이며, 선박의 제원 및 개략적인 기상상황은 Table 1과 같다.

Table 1. Principal particulars of experimental ship and status of weather

Name of Ship	M.S KAYA
Kind of Ship	Stern Trawler
L. O. A	81.7m
L. B. P	72.5m
B. Md	13.2m
Draft	F. 4.0m, A. 5.6m
Wind direction	NE~SW
Wind force	30~50m/s
Sea state	7~9
Weight anchor in air	1,590kg
Weight anchor cable in air	25.32kg/m
Frontal area in water	1060m ²
Side area in water	136m ²
Frontal area in water	51m ²
Side area in water	352m ²

4. 피항 장소 및 관측방법

태풍 매미(2003년도 14호 태풍)를 피항하기 위해 부산을 출발하여 진해만에서 2묘박으로 하여 좌우현 묘쇄를 각각 7샤클 및 8샤클씩 내주었다. 또, 풍향, 풍속, 기압계, 기상 facsimile와 방송으로부터 기상과 태풍에 관한 각종 자료를 종합하였고, 태풍의 이동경로와 가야호의 피항 장소를 Fig. 2에 나타내었다.

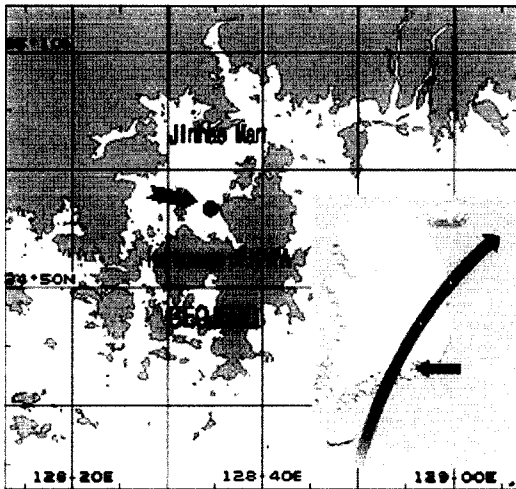


Fig. 2. The path of a typhoon "Maemi" and harborage of KAYA .

결과 및 고찰

1. 기상상황

피항지에서 2묘박으로 양현의 묘쇄를 각각 7샤클 및 8샤클씩 내어주고 태풍의 내습에 대비하였다. 풍향, 풍속, 기압, 천기, 기온, 수온은 본선의 관측장비를 이용하고, 본선으로부터 태풍중심까지의 거리는 기상청에서 발표된 자료를 참고했으며 기압, 풍향, 풍속의 변화를 Fig. 3에 나타내었다. Fig. 3에서 1900시 985 hPa인 기압은 시간이 지남에 따라 시간당 13 hPa 정도로 낮아지다가, 2100시경 959 hPa로 최저기압을 기록한 후 다시 상승하기 시작했는데, 상승시에는 시간당 11 hPa 정도로 상승하여 하강시보다도 느리게 회복하여 2시간 후인 2300시에는 981 hPa까지 상승하였다. 풍속은 1900시경부터 2000시까지 30m/s에서 35m/s 정도로 불어오다가 2000시 지나면서부터 계속해서 급속히 바람이 거세지면서 20시 40분경에는 순간최대풍속이 62m/s를 기록했다. 40분이라는 짧은 시간 동안 풍속이 32m/s나 강해진 셈이다. 이렇게 짧은 시간

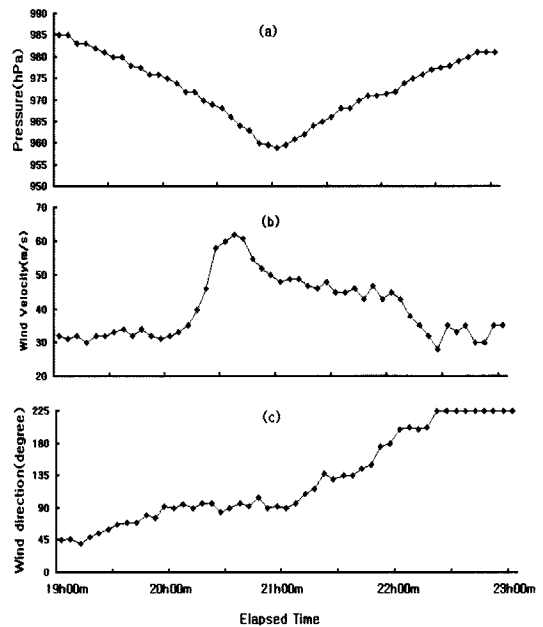


Fig. 3. Variations of (a) air pressure (b) wind velocity (c) wind direction observed typhoon MAEMI at the harborage.

동안 풍속이 급상승한 데 비하여 순간최대풍속을 기록한 이후 2시간 정도가 지나서야 30m/s에서 35m/s 정도로 바람이 약해졌다.

2100시경 최저기압을 기록한 시간과 20시 40분경 순간최대풍속이 기록된 시간과는 20분 정도의 시차가 있었다. 이처럼 기압과 풍속의 변화가 서로 일치하지 않는 것은 당시에 본선이 태풍의 중심에 있었고, 태풍의 중심에서는 원심력에 의해 바람이 중심을 향해 불어 들어가지 못했기 때문이라 생각된다. 19시 30분경까지는 바람만 30m/s에서 35m/s 정도 불어왔을 뿐 파도는 거의 없었는데, 19시 30분이 지나면서부터는 바람과 파도가 동시에 몰아닥치면서 선수를 바람불어 오는 방향으로 유지시키기가 어려웠고, 이 때부터 주목되는 것이 확인되어 기관을 사용하여 선체가 바람과 파도를 측면에서 받지 않도록 조종을 하지 않으면 안 되었다. 이 사이에 사용한 엔진의 속력은 미속과 극미속을 번갈아 가면서 속력을 조종하였다. 필자들의 경험으로 태풍과 같은 강풍이 불어올 때 파도의 영향이 없다면 엔진을 사용하지 않아도 파주력을 잃지 않고 선위를 그대로 유지할 수 있다고 판단해왔다. 그런데 이번 태풍 매미의 경우는 바람보다는 파도에 의한 영향으로 파주력이 상실되었다고 생각된다. 따라서, 이번 태풍 매미처럼 파도의 영향을 받을 정도의 상황이 예상된다면 이에 대한 충분한 대비책을 강구해 두어야 할 것으로 사료된다.

2. 단묘박과 2묘박의 파주력

유속이 0.5노트이고 풍속이 10m/s, 20m/s, 30m/s, 40m/s일 경우 단묘박할 때와 이묘박할 때의 파주력의 변화를 바람이 불어오는 방향에 따라 나타낸 것이 Fig. 4이다. Fig. 4에서 단묘박을 하고 바람과 조류의 영향을 가장 많이 받는 범위를 50도에서 130도 사이로 본다면, 풍속이 10m/s, 20m/s, 30m/s, 40m/s일 때 파주력의 평균치는 각각 7.3톤, 4.8톤, 2.2톤, -0.4톤이었다. 같은 경우 이묘박을 한다면 파주력의 평균치는 15.7톤, 12.2톤, 8.6톤, 4.6톤으로 이묘박할 때가 단묘박할 때보다도 풍속이 높아감에 따라 파주력도 2.1, 2.5, 3.9, 11.5배 높았다. 이처럼 풍속이 높을수록 단묘박과 이묘박할 때 파주력의 차이가 크게 된 것은 단묘박할 경우 풍속이 강할수록 묘쇄의 현수곡선의 길이가 커지고 현수곡선의 길이가 커진 만큼 파주부의 길이가 짧아지게 되어 파주력이 작아지기 때문이라 생각된다. 따라서, 폭풍주의보나 경보 또는 태풍과 같

은 강풍이 예상될 경우 묘박은 반드시 이묘박을 해야 하며, 선박의 안전을 고려하여 확보해야 할 최소의 예비파주력을 5톤 정도로 본다면 단묘박으로서는 20m/s, 이묘박으로서는 40m/s의 풍속까지 묘박이 가능하다고 사료된다.

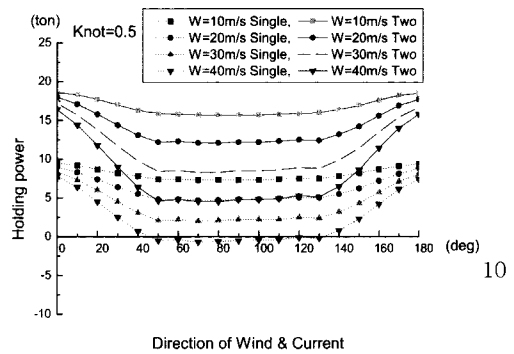


Fig. 4. Comparison of holding power between lying at single anchor and riding at two anchors.

3. 저질의 특성과 파주력

풍속이 30m/s이고 조류의 속도가 0.5노트일 때 묘박지의 저질특성에 따라 파주력을 산정하여 나타낸 것이 Fig. 5이다.

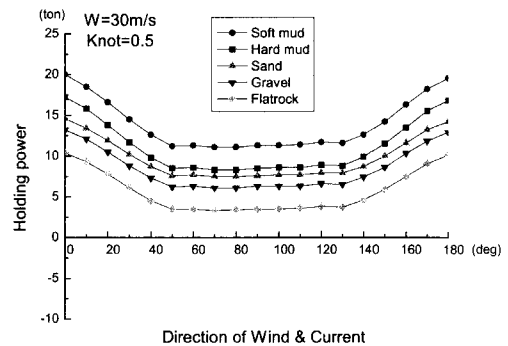


Fig. 5. Variations of holding power according to the quality of bottom.

Fig. 5에서 풍압면적이 비교적 작은 정선수에서 40도에 이르기까지 파주력의 평균치는 해저가 무른 빨, 된 빨, 모래, 자갈, 편평한 암반의 순으로 16.4톤, 13.8톤, 11.7톤, 10.3톤, 7.6톤으로 파주력이

가장 큰 연한 빨과 편평한 암반에서 파주력의 차이는 연한 빨이 2.2배로 컸고, 같은 빨이라도 연한 빨의 구역에 묘박을 하는 것이 된 빨의 구역에 묘박하는 것보다도 1.2배 정도 높은 파주력을 얻을 수 있다. 또, 풍압면적이 큰 50도부터 130도 사이에서 파주력은 연한 빨이 평균 11.3톤, 편평한 암반이 3.2톤으로 편평한 암반보다 연한 빨이 있는 장소에 묘박을 함으로써 3.5배나 파주력이 강했다. 따라서 동일한 피항 지역에서도 저질이 연한 빨로 된 구역을 찾아서 묘박을 한다면 훨씬 강력한 파주력을 얻을 수 있음을 알 수 있다.

4. 풍속의 변화에 따른 파주력

태풍을 피항하기 위하여 묘박을 할 경우 항만이나 내만 등과 같이 유속이 약하거나 파도의 영향을 적게 받는 곳을 택하여 묘박하게 된다. 항만이나 내만 등과 같은 지역에서 하루 중 조석의 변화에 의한 유속은 필자가 조사한 바에 따르면 거의 대부분 0.5노트 이내의 범위이었다. 따라서 이와 같은 지역에서 파주력은 바람의 세기에 따라 좌우 될 것이다. 바람의 세기에 따른 파주력의 변화를 파악하기 위해 유속이 0.5노트일 때 풍속의 세기에 따라 파주력을 바람이 불어오는 방향에 따라 나타낸 것이 Fig. 6이다. Fig. 6에서 파주력의 크기는 바람이 불어오는 방향이 90도를 중심으로 대칭되게 나타남을 알 수 있다.

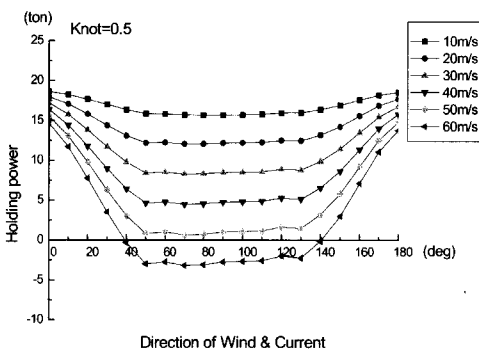


Fig. 6. Variations of holding power according to wind speed.

풍압면적이 가장 큰 범위에서 풍속이 10m/s, 20m/s, 30m/s, 40m/s, 50m/s, 60m/s일 때 파주력의 평균치는 각각 15.7톤, 12.2톤, 8.5톤, 4.5톤, 1.1톤, -2.6톤으로 파주력을 잃지 않는 풍속은 50

m/s 정도로 사료된다. 그러나 선박의 안전을 위하여 확보해야 할 최소한의 예비파주력을 5톤 정도로 본다면 파도의 영향이 없을 경우 이묘박으로써 40 m/s의 바람이 불어와도 파주력을 잃지 않고, 묘박이 가능할 것으로 사료되나 태풍 등과 같이 강한 바람이 불어올 때는 만으로 둘러싸인 곳일지라도 바람보다도 파도의 영향을 더 많이 받게 되는 경우가 많으며, 실제로 태풍 등이 내습 시는 바람이나 조류에 의한 영향보다는 파도에 의한 영향이 더 커서 이로 인한 해난사고가 많게 됨을 경험을 통하여 알 수 있다. 따라서 파도의 영향을 받지 않는다고 가정한다면 40m/s의 바람이 불어와도 파주력이 유지될 수 있음을 알 수 있다.

5. 파도의 영향과 파주력의 변화

태풍의 중심이 본선과 가장 가까웠을 때 중심까지의 거리는 약 10마일이었다, 이 때 시간이 21시경이었다. 19시부터 바람이 거세지기 시작하고, 19시30분경부터는 바람과 함께 거친 파도가 몰아닥치면서 닻이 끌리게 됨을 감지하여 기관을 극미속, 미속, 정지를 반복해 가면서 바람과 파도에 의해 선체가 압류되지 않도록 했다. 이 때 풍속은 30~40m/s 범위였다. 앞에서 논의한 바와 같이 바람과 조류만의 영향을 받는다면, 풍속 30~40m/s 정도의 바람에서는 주요되지 않는다고 보아야 할 것이나, 실제로는 엔진을 사용하지 않으면 파주력을 잃고 선체가 풍하측으로 압류가 된 것은 파도의 영향으로 보아야 할 것이다. 19시 30분부터 23시 30분까지 4시간 동안 엔진을 사용하여 선체가 압류되는 것을 제지시켜야 했고, 이 시간 동안 풍속은 30~50m/s의 범위였다. 풍속이 30~50m/s의 범위에서 파도가 선체를 압류하는 에너지를 1노트에서 6노트 정도의 위력이라고 보았을 때, 파주력의 변화를 나타낸 것이 Fig. 7이다. Fig. 7에서 파도의 영향이 1노트일 때, 선체가 파도의 영향을 가장 많이 받는 50~130도의 경우 풍속이 30m/s, 40m/s, 50m/s일 때, 파주력의 평균치는 각각 11.7톤, 9.7톤, 7.9톤으로 낮은 파주력을 잃지 않고 있다. 파도의 영향이 2노트일 때, 각각 7톤, 3.5톤, 0톤으로, 2노트일 경우 파주력을 잃게 되는 바람의 세기는 50m/s 이었다. 3노트일 경우, 5.2톤, 2톤, -1.5톤으로 이 때도 주요를 하게 되는 바람의 세기는 50m/s 이었다. 4노트일 경우, 각각 3.0톤, 0.5톤, -2.7톤이었고, 5노트일 경우, 0.8톤, -2.2톤, -4.4톤 6노트의 경우, -2.5톤, -6.5톤, -9.5톤으로 4시간 동안 극미

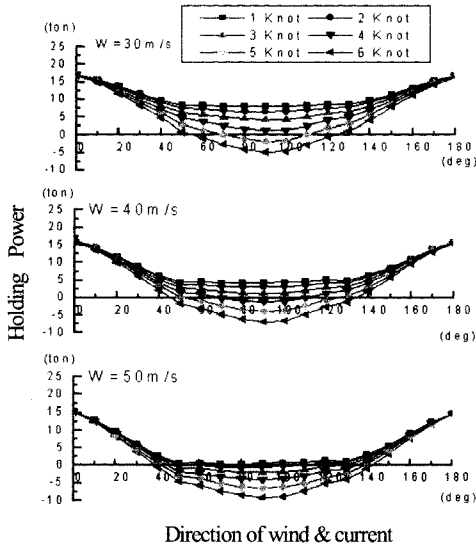


Fig. 7. Variations of holding power according to sea condition.

속, 미속, 정지를 반복해야 만이 선체가 압류되지 않고 원래의 위치에서 벗어나지 않을 수 있었던 점으로 본다면 바람에 의한 파도의 영향은 4~6노트 정도의 에너지로 선체를 압류했음을 알 수 있다. 이것은 선체의 압류 방지를 위해 사용했던 기관의 출력과 거의 일치한 것으로 보아 피항지에서 태풍매미에 의한 파도의 영향은 4~6노트의 위력이었음을 알 수 있고 이러한 상황이 예상되면 즉시 기관을 사용할 수 있도록 반드시 확인해야 할 것이다.

6. 묘쇄의 보강과 파주력

피항 중 선박이 압류되지 않도록 엔진을 사용하였을 때 풍속은 30~50m/s의 범위이었고, 이 때 사용한 기관의 출력은 극미속, 미속, 정지를 반복해야만 했던 점으로 본다면 당시 파도에 의한 영향은 4~6노트 정도의 위력이었음을 미루어 알 수 있다. 바꾸어 말하면 엔진을 사용하지 않으면 선체는 파도의 영향을 받아서 시간당 4~6노트의 속력으로 밀리게 됨을 의미한다. 여기에서 똑같은 상황에서 엔진을 사용하지 않고 파주력을 높일 수 있는 방법으로서 묘쇄의 길이를 늘리는 방법을 생각해 볼 수 있다. 그런데 선박은 건조 시 규정에 의해 의장수대로 선박의 제반설비를 갖추도록 되어있고, 맞이나 묘쇄의 규격도 이러한 규정을 만족시켜야 한다. 가야호의 경우도 이러한 규정에 맞추어서 맞이나 묘

쇄를 갖추었는데 파주력과 직접 관련이 있는 묘쇄를 규정보다 길게 해 주었을 경우 그 만큼 강력한 파주력을 얻을 수 있을 것이다. 물론 파주력을 고려하여 묘쇄를 훨씬 많이 장비하고자 해도 체인 로카의 공간이 이를 허용해야 할 것이다. 여기서는 선박 건조시 규정대로 설치했던 것 보다도 좌우현에 3사클의 묘쇄를 묘박할 때 더 내어주고 파주력의 변화를 비교하여 그 결과를 Fig. 8에 나타내었다. Fig. 8에서 파도 영향이 4노트이고 풍속이 30m/s 40 m/s, 50m/s일 경우, 파주력은 각각 3.1톤, 0.1톤, -2.7톤이었으나, 묘쇄를 보강하여 7.2톤, 3.8톤, 1.5톤으로 파주력을 증가시켰으며, 같은 방법으로 파도의 영향이 5노트일 때 파주력의 평균치는 각각 0.6톤, -1.7톤, -4톤이었으나, 묘쇄를 보강할 경우 4.8톤, 2.3톤, -0.4톤으로, 파도의 영향이 6노트일 경우, 파주력은 각각 -2.3톤, -4.3톤, -6.4톤이었으나 묘쇄를 보강을 함으로써 2.1톤, 0톤, -2.5톤으로 파주력이 크게 높아 졌다. 따라서, 규정된 묘쇄의 길이보다도 좌우현 3사클씩 더 많이 보강해 줌으로써 보다 강력한 파주력을 얻을 수 있음을 알 수 있다.

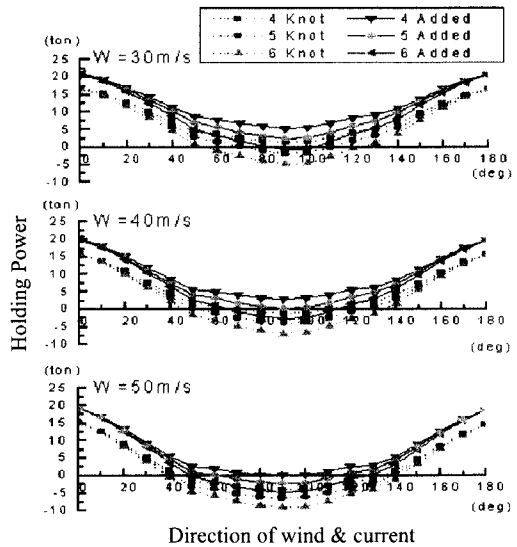


Fig. 8. Comparison of holding power being added anchor chain.

결론

2003년 9월 우리 나라 남해안에 상륙하여 내륙을 관통하면서 동해상으로 빠져나간 태풍 매미는

중심기압이 950 hPa로 1959년 우리나라를 강타하여 엄청난 인명과 재산피해를 주었던 사라호 태풍과 같았다. 필자들은 많은 인명과 재산 피해를 준 태풍 매미의 위력을 직접 선박에서 체험했으며, 묘박할 때 파주력에 관한 사항을 몇 가지 관점에서 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 풍속이 10m/s, 20m/s, 30m/s, 40m/s일 때 이묘박을 하면 단묘박할 때 보다도 각각 2.1, 2.5, 3.9, 11.5배로 강한 파주력을 얻을 수 있기 때문에 풍력이 강할수록 이묘박을 해야 할 것이다.
2. 같은 해역에서도 저질이 편평한 암반을 기준으로 무른 빨, 빨, 모래, 자갈일 때 각각 2.2, 1.8, 1.5, 1.4배로 높은 파주력을 얻을 수 있기 때문에 가능한 무른 빨이 있는 곳에 투묘를 해야 할 것이다.
3. 파도의 영향이 없다면 이묘박의 경우 풍속이 10m/s, 20m/s, 30m/s, 40m/s, 50m/s, 60m/s일 때 파주력의 평균치는 15.7톤, 12.2톤, 8.5톤, 4.5톤, 1.1톤, -2.6톤으로 묘박에 의해서 파주력이 확보될 수 있는 풍속은 40m/s 정도이었다.

4. 태풍 매미의 경우, 파도가 선체에 미치는 영향은 유속 4~6노트 정도의 위력이었다.
5. 묘쇄의 길이를 좌우현 3샤클씩 보강해 줄으로써 풍속이 30m/s-50m/s 범위이고 파도의 영향이 4노트, 5노트, 6노트일 경우 파주력을 평균 3.4, 4.1, 4.2배 더 높일 수 있었다.

참고문헌

- 1) 岩井聰(1977) : 新訂操船論, 海文堂, 79-93.
- 2) 김진건(1999) : 선박운용학 -操縱編-, 유일문화사, 53-56.
- 3) 윤점동(1993) : 선박조종의 이론과 실무, 세종출판사, 4-14.
- 4) 高城勇造(1975) : 航海力學と應用, 成山堂, 310-331.
- 5) 明渡範次(1983) : 基本航海力學, 海文堂, 226-233.

2004년 5월 24일 접수

2004년 6월 11일 수리