

실선 계측에 의한 주요패턴 분석에 관한 연구

정창현* · 공길영** · 배병덕*** · 이윤석†

*한국해양대학교 한바다호 일등항해사, **한국해양대학교 항해시스템공학부 교수, ***,†한국해양대학교 운항훈련원 교수

Analysis on the Pattern of Dragging Anchor in Actual Ship

Chang-Hyun, Jung* · Gil-Young, Kong** · Byung-Deug, Bae*** · Yun-Sok, Lee†

*Chief Officer, T.S. HANBADA, Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

**Professor, Division of Navigation System Engineering, Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

***,†Professor, Training Center of Ship Operation, Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

요 약 : 선박의 대형화에 따른 풍압면적의 증가 및 갑작스런 돌풍 등 자연환경의 급격한 변화 등으로 묘박 중인 선박이 주요 되는 현상이 자주 발생되고 있다. 특히, 선박운항자의 관점에서는 풍속 및 파랑 등의 외력 변화에 따른 주요 발생 시점 및 주요 형태, 주요시의 속력과 주변 선박 또는 장애물과의 충돌 가능성 등을 고려한 적절한 대응 방안이 모색되어야 한다. 본 논문은 실습선 한바다호가 단묘박으로 묘박 중 기상이 점점 악화되면서 실제로 주요가 발생한 현상을 검토한 것으로, 묘박 당시의 풍압력, 유압력, 표류력, 선체운동 그리고 파주력 등을 분석하여 주요의 발생 가능성 및 한계 외력을 고찰하였다. 또한, 당시의 외력 조건하에서 발생한 주요패턴을 분석하여 선수방위 변화량, 스윙폭, 주요 속도 등을 확인하였다.

핵심용어 : 한계 외력, 주요패턴, 선수방위 변화량, 스윙폭, 주요 속도

Abstract : Vessels on anchoring are frequently dragged due to the increased area of wind pressure by enlargement of ship's size and sudden gust of winds in recent years. In the view point of the ship's navigators, the proper measurements corresponding to the dragging of anchor should be taken into account concerned about the time for the occurring of dragging by the external forces such as wind and wave, the pattern and speed of dragging and the possibility of collisions with any other vessels or obstacles. In this paper, it was examined the actual dragging anchor in T.S. HANBADA due to the wind and waves. From this case, it was found the critical external forces by which she was begun to dragged comparing the force by the wind, frictional resistance, drifting force and ship motion moment with the holding power. Also, through the analysis of the dragging pattern, it was known the alteration range of heading angle, swinging width and dragging speed etc.

Key words : Critical external forces, Dragging pattern, Alteration range of heading angle, Swinging width, Dragging speed

1. 서 론

선박에서 항해사 또는 선장은 풍속이 점점 강해지면 본선이 어느 시점에서 주요가 시작될 것인가에 대하여 불안해 할 것이며, 주요가 발생되기 이전에 어떠한 조치를 취해야 할 것인가에 대하여 고민하게 된다.

묘박지에서의 묘박 선박간의 이격거리는 가깝게는 0.2마일 이내로 근접해 있기 때문에 본선뿐만 아니라 근접해 있는 주변 선박의 주요에도 상당히 신경을 쓰게 된다. 실제로 2003년에는 남해중부 해안으로 상륙한 태풍 매미의 영향으로 지금까지 안전한 묘박지로서만 여겨져 왔던 진해만에 묘박중인 선박들과 부두에 계류중인 선박들이 침몰, 좌초, 충돌하는 등 많은 해양사고가 초래되었다.

Fig.1에서 나타내듯이 최근 들어 갑작스런 돌풍 현상이 빈번해지고 있으며, 이러한 강풍이 예상되면 묘박 중인 선박은 묘박 안전성을 평가하여 주요 시점에 대한 판단과 주요를 예방하기 위한 일련의 조치들에 대한 검토가 필요하다.

이와 관련된 연구로 정과 공(2009)은 선체에 작용하는 외력과 외력에 대한 대항력을 수치적 계산 방법으로 상호 비교·분석하여 선박의 묘박안전성을 정량적으로 평가하였고, 이를 바탕으로 주요 한계풍속, 선박에서의 안전대책, 풍속 단계별 조치 사항 등에 관한 묘박 지침을 작성·제안하였다.

하지만, 여전히 단묘박 또는 2묘박 실시 여부와 체인의 신출량 결정 등 투묘에 대한 사항이나 투묘 후 선박의 안전에 대한 판단은 아직까지 운항자의 경험에 의존하고 있는 실정이다.

* 대표저자: 정창현(중신회원), hyon@hhu.ac.kr 051)410-4206

** 공길영(중신회원), kong@hhu.ac.kr 051)410-4273

*** 배병덕(중신회원), captcos@hhu.ac.kr 051)410-4201

† 교신저자: 이윤석(중신회원), lys@hhu.ac.kr 051)410-4204

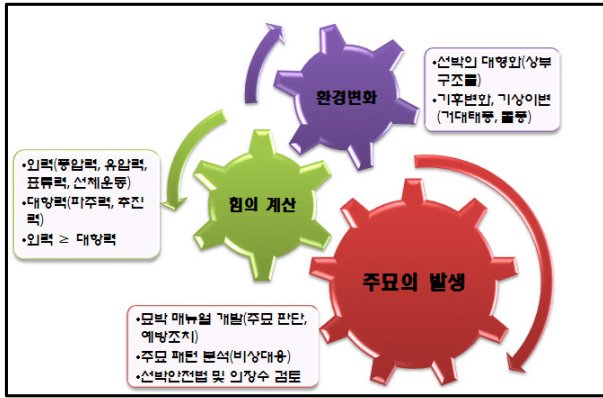


Fig. 1 Basic concept of dragging anchor

따라서 본 논문에서는 실제로 주묘가 발생했던 대상 선박의 사례를 분석하여 풍압력 등 외력의 적용 방법과 과주력의 계산 방식, 그리고 주요 패턴을 분석하였다. 이는 추후 묘박지에서의 묘박 선박간의 적정 이격거리 산출을 위한 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

2. 대상선박의 제원

실선 시험 대상인 한바다호는 한국해양대학교의 실습선이며 다음의 Table 1에 주요 제원을, Fig.2에 일반배치도를 제시한다. 대상선박은 크루즈선형으로 수면 상부의 구조물이 상대적으로 큰 면적을 차지하는 여객선형이다.

Table 1 General particulars of T.S. HANBADA

Items	Dimensions
LOA / LBP	117.20 m / 104.00 m
Breath(B)	17.80 m
Draft(fore/mean/aft)	4.9/5.4/5.8 m
Displacement(2/3 Consumed)	5,600 ton
Block Coefficient(C _b)	0.5522 at 5.4 m
Anchor(AC-14) Weight	2.475 ton
Chain Cable	0.046 ton/m
Service Speed / Maximum Speed	17.5 kts / 19.0 kts
Main Engine (MCR)	8,130 BHP × 176 RPM
Transverse Projected Area (A _T)	300 m ²
Lateral Projected Area (A _L)	1,480 m ²

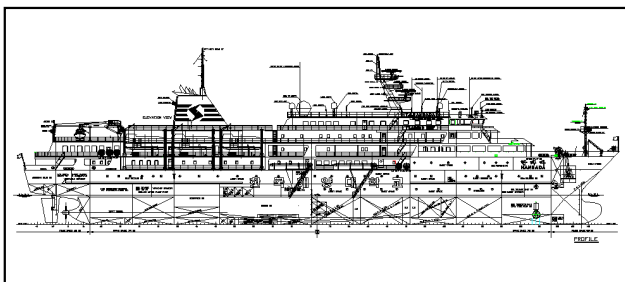


Fig. 2 General arrangement of T.S. HANBADA

3. 선체에 작용하는 힘

묘박중인 선박에 영향을 주는 외력으로는 바람에 의한 풍압력(F_W), 파랑에 의한 표류력(F_D), 조류에 의한 유압력(F_C) 그리고 선체의 상하운동(F_H)이 있으며, 이에 대응하는 대항력은 과주력(F_{HP})과 추진력(F_T)이 있다. 본 논문에서는 당시에 현저하게 작용한 조류의 영향과 함께 선체의 상하운동으로 인한 체인과 앵커의 영향을 추가적으로 고려하였다. 따라서 묘박 안전성은 다음의 식(1)과 같이 외력과 대항력으로 구성되는 평형방정식으로 표현할 수 있다.

$$F_W + F_D + F_C + F_H = F_{HP} + F_T \quad (1)$$

3.1 외력 요소

1) 풍압력

바람에 의한 풍압력(F_W ; Force by wind)은 식(2)에 의하여 산출하였으며, 여기에서 정면 풍압계수는 한바다호의 정면 및 측면 풍압면적, 풍압 중심점, 선교 높이 등을 기초로 Fujiwara et al.(1998)에 의해 제안된 추정식을 이용하였다.

$$F_W = \frac{1}{2} \rho_a C_a A_T V_a^2 \quad (2)$$

단, F_W : 풍압력($kg \cdot f$), ρ_a : 공기밀도($kg \cdot sec^2/m^4$),

C_a : 정면 풍압계수, A_T : 정면 풍압면적(m^2)

V_a : 풍속(m/s)

2) 표류력

파랑에 의해 발생하는 표류력은 규칙성분과 불규칙 성분으로 나눌 수 있으며, Hirano(1995)에 의하면 규칙성분인 정상 표류력은 상대파향과 파장/선장비(λ/L)로 결정되는 표류계수와 과진폭을 변수로 식(3)과 같이 나타낼 수 있다.

부산항 남항 N-5 묘박지에서의 주요 당시 파고는 3.0m이었고, 파장/선장비(λ/L)가 0.4이고, 정상파가 선수 30° 방향에서 작용할 때 표류력 계수는 0.17이므로 식(3)을 이용하여 파랑에 의한 표류력을 계산할 수 있다.

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

단, F_D : 표류력($kg \cdot f$), ρ_w : 해수밀도($kg \cdot sec^2/m^4$),

C_w : 표류계수, g : 중력가속도(m/sec^2)

L : 선체길이(m), h_c : 과진폭(m)

그러나 실제 해상은 불규칙파이므로 식(3)의 정상 표류력에 불규칙파에 의한 영향을 고려해 줄 필요가 있으며, Remery(1973)

의 연구에 의하면 불규칙파 중의 평균 표류력은 유의파의 진폭과 평균파의 주기에 대응하는 규칙파가 갖는 표류력의 약 1/8 정도로 알려져 있으므로, 그 계산 결과는 Table 2와 같다.

Table 2 Drifting force by wave

Wave height	1.0m	2.0m	3.0m
Drifting force	0.3 (ton)	1.1 (ton)	2.5 (ton)

3) 유압력

해조류에 의해 발생하는 유압력은 선체의 수면하면적, 해조류의 속도 및 방향, 유압계수 등에 의해 계산된다. 주요 당시의 풍향은 남남서풍(SSW)이었고, Fig.3의 부산항 부근의 조류도(국립해양조사원, 1998)에서 투묘 위치인 점선 부근의 유향은 북북동(NNE) 방향이었다.

실제로 대상 선박은 Fig.6에서의 형태로 풍압 및 조류의 영향을 받았으며, 그 당시의 유속은 Fig.3에서 알 수 있듯이 0.5kts(0.25m/s)이었다.

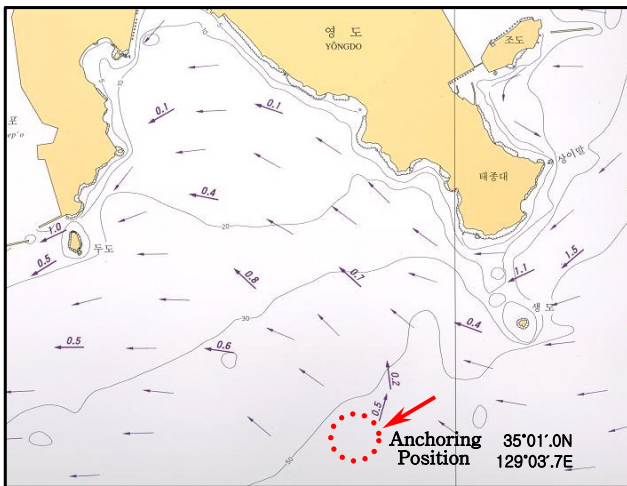


Fig. 3 Tidal current around anchoring position

유압력은 선수방향에서 작용하는 조류의 영향을 고려하여 식(4)에서와 같이 Froude가 제안한 마찰저항 계산법을 활용하여 근사적으로 계산하였으며, 그 결과를 Table 3에 나타낸다.

$$F_C = \rho_w \lambda S V_w^{1.825} \quad (4)$$

단, $\lambda = 0.1392 + \frac{0.258}{2.68 + L}$ (단, 외관이 깨끗하다고 가정)

F_C : 마찰저항($kg \cdot f$), ρ_w : 해수밀도($kg \cdot sec^2/m^4$),

λ : 마찰계수, L : 선체길이(m),

S : 침수면적(m^2), V_w : 유속(m/s)

Table 3 Frictional resistance with current speed

Speed of current (m/s)	0.25	0.51	0.77
Frictional resistance (ton)	2.48	8.79	18.41

4) 상하운동

선수부 상하운동은 신출된 체인의 현수부 길이에 영향을 줌으로써 해저에 깔려 있는 체인의 파주부 길이에도 영향을 주게 된다. 주요 당시의 파고 3m를 감안하여 선수부의 묘쇄공에서 해저까지의 높이(h)를 3m 증가시키면 식(6)에 의해 현수부(S)가 증가하여 파주부의 길이가 5미터 감소하게 된다. 파주부 길이가 5m는 대상선박에서 일반적인 경우 0.2톤의 매우 작은 파주력 감소를 가져오나, 외력이 점점 강해져서 파주부가 5m 이내인 경우에는 선체의 상하운동에 의하여 앵커의 상크(Shank)가 들리게 되므로 대단히 큰 파주력의 감소를 가져온다. 당시의 조건에서는 $S=220m$ 이고 $h=64m$ 이므로 앵커의 상크가 해저면에서 17° 정도 들리게 되므로($\theta=17^\circ$) 앵커의 파주력이 1/2 감소한다(Dove의 실험에 의하면(윤, 2002), $\theta=5^\circ$ 이면 파주력이 1/4정도로 감소하고, $\theta=15^\circ$ 이면 파주력이 1/2정도로 감소).

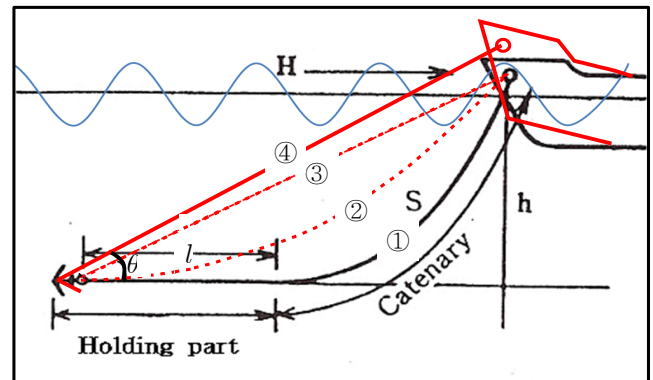


Fig. 4 Catenary & holding part by external forces

3.2 대항력

대항력으로는 파주력과 추진력이 있으나 실선계측 당시에는 엔진을 사용하지 않았으므로, 본 연구에서는 파주력에 대해서만 언급한다.

묘박 중인 선박의 파주력은 식(5)에 따라 계산된다(윤, 2002).

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

여기서, P_T : 앵커와 체인의 총 파주력($t \cdot f$)

P_a : 앵커의 파주력($t \cdot f$), P_c : 체인의 파주력($t \cdot f$)

λ_a : 앵커의 파주계수, λ_c : 체인의 파주계수

w_a : 앵커의 수중중량(t), w_c : 체인의 수중중량(t)

l : 해저에 깔린 체인의 길이(m)

또한, 파주력 계산 시 추가로 고려하여야 할 사항은 Fig.4에
서와 같이 외력의 크기에 따라 파주부의 길이가 달라지므로 이
를 감안하여 파주력을 계산하였다.

현수부의 길이(S)는 외력이 선체에 미치는 장력을 기초로 하
여 식(6)에 의해 구할 수 있고, 파주부의 길이는 신출된 체인의
길이에서 현수부의 길이를 뺀 값이다(윤, 2002).

$$S = \sqrt{h(h + \frac{2H}{w_c})} \quad (6)$$

여기서, h : 묘쇄공에서 해저까지의 높이(m)

w_c : 1m에 해당되는 체인의 수중무게(t)

H : 외력에 의해 체인에 작용하는 장력(t · f)

대상 선박은 2009년 6월 09일 16시경 부산항 남항 N-5 묘박
지에 우현 묘쇄를 8쇄클(Shackle)로 신출하여 단묘박을 실시하
였고, 투묘지의 저질은 빨(M)이고, 수심은 57m이었다.

Table 4는 외력에 따른 현수부 및 파주부의 길이를 계산한
것이고, Table 5는 계산된 파주부 길이로 파주력을 계산한 결과
이다. 체인의 파주부가 “0”이 되는 시점인 풍속 20m/s에서는
파주력이 급격하게 감소하고 있다. 앵커의 파주력을 10.76으로
계산한 것은 앵커의 샹크가 해저면에서 17°정도 들리기 때문이
고, 4.31로 계산한 것은 주요 시의 파주계수로 계산하였기 때문
이다(윤, 2002).

여기서 주목할 사항은 파주력의 대부분을 차지하고 있는 앵
커의 경우 외력이 점점 강해져서 체인의 파주부가 “0”이 되는
순간 동시에 앵커 샹크가 들리게 되므로 파주력이 급감하여 주
묘의 우려가 대단히 크다는 사실이다. 따라서 식(6)을 이용하여
외력에 따른 현수부의 길이만 확인하여도 주요의 가능성을 대
략적으로 쉽게 판단할 수 있다는 것이다.

Table 4 Holding & catenary part with wind velocity

Wind Velocity	10m/s	15m/s	20m/s	25m/s	30m/s	35m/s
Total ex. force (ton · f)	7.53	11.13	15.93	22.33	30.13	39.33
Catenary part (m)	163	193	228	(8Sh'cles*27.5=220m)		
Holding part (m)	57	27	0	0	0	0

Table 5 Holding power of lying at single anchor

Wind Velocity		10m/s	15m/s	20m/s	25m/s	30m/s	35m/s
Holding power of anchor & chain	Anchor (ton · f)	21.53(Holding power of anchor) /10.76(4.31) (in case of dragging)					
	Chain (ton · f)	2.31	1.07	0	0	0	0
Holding power (ton · f)		23.84	22.61	10.76 (4.31)	10.76 (4.31)	10.76 (4.31)	10.76 (4.31)

(1) $P_a = \lambda_a \times w_a = 10 \times 2.475 \times 0.87$ (conversion factor in water) = 21.53 ton

(2) $P_c = \lambda_c \times w_c \times l = 1 \times 0.04634 \times 0.87 \times l$

4. 파주력에 대한 분석

4.1 주요 당시의 기상

Fig.5는 주요 진후의 대상선박에서 관측된 최대풍속을 나타낸 것
이며, HMS(Hull Stress Monitoring System)에 입력된 자료이다.

대상선박에서는 2009년 6월 10일 06시경부터 바람이 10m/s
 이상으로 강해지기 시작하여, 주묘가 시작된 06시 30분경부터
 는 최대순간풍속이 22m/s로 관측되었다. 주묘가 지속된 06:30
 ~08:00까지의 최대풍속은 15m/s~22m/s로 관측되었고, 파도
 도 점점 높아져 3m에 이르렀다.

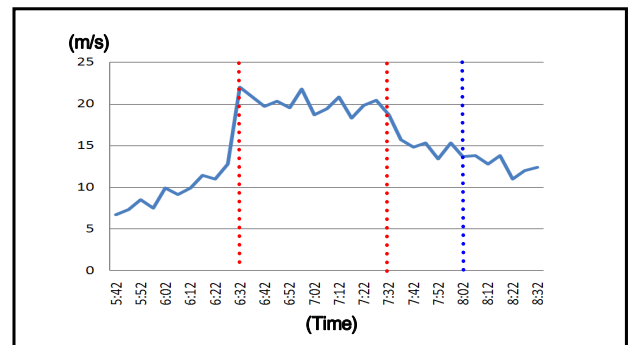


Fig. 5 Time series of wind speed at dragging

4.2 주요 상황

Fig.6은 대상선박에서 관측된 주요 당시의 항적으로 ECDIS
 에 저장된 자료이다. 주묘되기 전에는 선박의 항적이 점선으로
 표시된 선회경(Anchor circle)이내에 위치하였으나, 2009년 6월
 10일 06시 30분경부터는 주묘가 시작되어 08시경까지 지속되었
 음을 알 수 있다.

주묘된 앵커의 이동경로는 화살표 방향으로 예측되며, 주묘
 거리는 초기의 점선 항적에서 현재의 선교 부근에 설치된 GPS
 위치까지의 거리와 유사한 230m정도이며, 좌우 폭은 150m정도
 로 측정되었다.

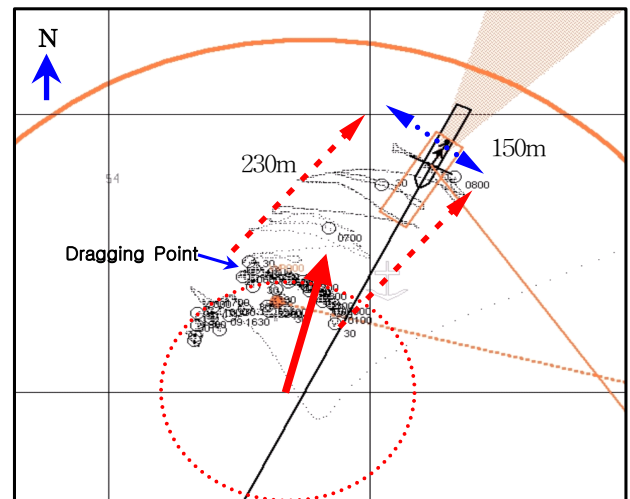


Fig. 6 Traces of dragging anchor

대상선박은 주요 당시 N-5 묘박지의 가장 외곽지역에 투묘 된 상태로 주요가 진행된 방향(선미방향)으로는 타 선박이 존재하지 않았으며, 08시 30분 이후 양묘하여 입항 예정이었으므로 주요에 대한 특별한 대응조치는 취하지 않았다.

4.3 파주력 분석

대상선박에는 2.475톤의 고파주력 앵커(AC-14)가 설치되어 이를 계산에 사용하였고, 부산항 남항 N-5 묘박지의 수심 57m를 고려하여 해저에서 묘쇄공까지의 높이를 61m로 계산하였다. 또한 당시의 선박은 3/4 consumed condition으로 공선상태에 가까운 상태였다.

Fig.7은 외력과 파주력과의 관계를 보여주고 있으며, 외력의 경우 $F_W * 1 + F_D + F_C + F_H$ 는 표류력, 유압력(마찰력) 그리고 상하운동에 정면풍압면적의 1배를 합한 것이고, *2는 정면풍압면적의 2배 그리고 *3은 정면풍압면적의 3배를 합한 것이다. 그리고 파주력의 경우에는, $F_{HP}(F_W * 1)$ 은 표류력, 유압력(마찰력) 그리고 상하운동에 정면풍압면적의 1배가 작용할 때의 파주력을 의미하고, *2는 정면풍압면적의 2배 그리고 *3은 정면풍압면적의 3배가 작용할 경우의 파주력을 의미한다.

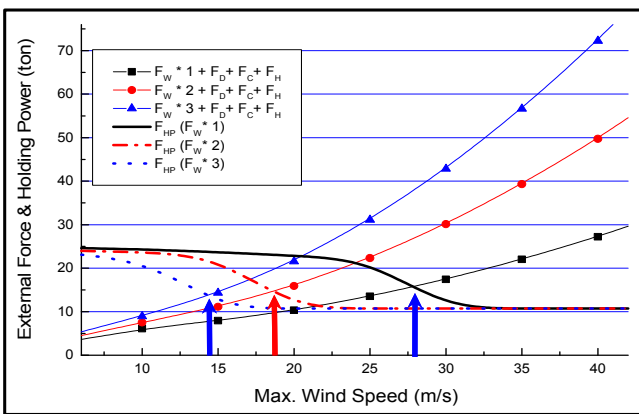


Fig. 7 Comparison with external force & holding power

표류력, 유압력(마찰력) 그리고 상하운동에 정면풍압면적의 2배가 작용할 경우($F_{HP}(F_W * 2)$) 주요 예상 풍속은 18m/s로 계산되었는데, 이는 실제로 주요가 발생한 시점의 풍속(22m/s)과 거의 유사하다.

따라서 풍압면적이 비교적 큰 여객선형의 경우 2묘박 시 선박에 작용하는 풍압력 계산은 가장 풍압력을 많이 받는 공선상태에서도 정면풍압면적의 2배로 계산한 선행연구(정과 공, 2009)에서와 마찬가지로 체인의 신출량이 8새클인 단묘박의 경우에서도 풍압력을 계산할 때 정면풍압면적의 2배 정도가 타당한 것으로 확인되었다.

그리고 주요가 발생하는 대부분의 시점은 외력이 점점 강해져서 신출된 체인의 해저에 놓인 파주부가 점점 줄어들어 앵커의 샹크가 들리는 순간으로 판단된다. 파주력의 대부분을 앵커가 차지하고 있으나, 앵커의 샹크가 들리는 순간 그 값이 크게 저하되기 때문이다.

또한, 수심이 깊을 경우에는 체인을 최대한 신출해도 현수부의 길이가 길어져서 작은 외력에도 앵커의 샹크가 빨리 들림으로써 파주력이 상대적으로 쉽게 작아질 수 있으므로 묘박 시 유의해야 하며, 외력의 크기에서 볼 때 풍향과 유향 등 외력이 동일한 방향으로 작용될 때 주요의 가능성이 큰 것은 당연하므로 묘박 시에는 각각의 외력의 변화에 주의하여야 할 것이다.

4.4 주요 패턴 분석

Fig.6을 보면 06:30~08:00까지의 1시간 30분 동안 주요된 선박의 항적을 볼 수 있다. 외력이 작용하는 후방으로의 이동거리는 약 230m이고, 선체가 좌우로 움직이면서 이동하였다.

또한, 선박의 항적이 좌측끝단에서 우측으로 이동할 때(선박에서는 우현에서 좌현으로 이동할 때) 주요가 발생하였고, 주요 당시에는 선수방위도 크게 변화하였음을 알 수 있다.

주요 패턴을 요약하면 다음과 같다.

1) 묘박 중뿐만 아니라 주요 시에도 선체가 좌우로 스윙하는 현상이 발생하였고, 선박(GPS 위치 기준)의 좌우 이동범위(W_P)는 약 150m로 앵커를 기준으로 하였을 때 Fig.8에서와 같다. 앵커를 기준으로 스윙각을 계산하면 유도된 식(7)에 의하여 약 40°정도로 확인되었다.

$$\sin\left(\frac{\theta}{2}\right) = \frac{W_P}{L_c}, \quad W_P = 2 L_c \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \quad (7)$$

여기서, $W_P = 150m$, $L_c = 220m$ $\therefore \theta = 40^\circ$

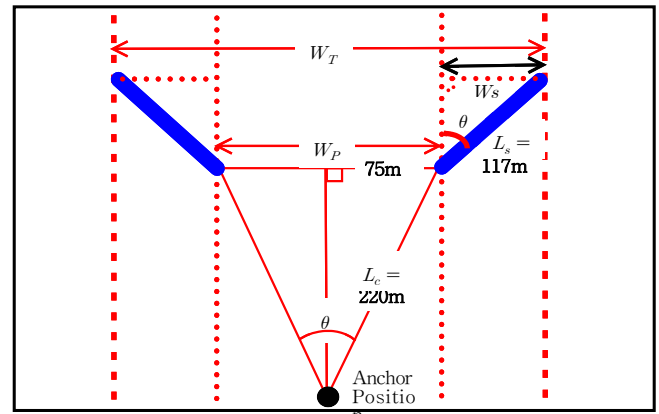


Fig. 8 Swinging width of ship at dragging

2) Fig.9는 Course Recorder에 기록된 지정시각에서의 선수방위(Heading)를 나타낸 것으로, 값이 큰 꼭지점은 선박이 우측 끝단에 이르렀을 때의 선수방위이고, 반대로 값이 작은 꼭지점은 선박이 좌측 끝단에 이르렀을 때의 선수방위로 확인되었다. 여기에서 선수방위가 가장 큰 폭으로 바뀐 것은 7시 15분경 160°에서 240°로 바뀐 경우로 그 폭이 80°에 이른다. 즉, 선박이 좌우로 스윙하면서 움직이다가 끝단에 이르러서는 앵커체인을 기준으로 할 경우 선수방위는 추가로 20°정도 더 회두하고 선미

는 외측으로 더 선회(W_s)하는 것으로 분석되었다. 따라서, 선미부까지를 포함한 선박의 전체 좌우 스윙폭(W_T)은 유도된 식(8)에 의하여 약 310m로 확인되었다.

$$W_T = W_p + 2W_s = 2L_c \sin 20^\circ + 2L_s \sin 40^\circ \quad (8)$$

$$= 2 \sin 20^\circ (L_c + 2L_s)$$

여기서, $L_c = 220m$, $L_s = 117m$ $\therefore W_T = 310m$

또한 06:30분경 주요가 시작되면서부터 선수방위의 변동 폭이 점차적으로 크게 확인되었으며, 이는 선박에서 주요가 시작되고 있음을 확인하는 중요한 단서가 된다.

3) Fig.5 및 Fig.6에서 알 수 있듯이 풍속이 22m/s로 급격하게 증가된 06:30분경부터 주요가 시작되었고, 15m/s 이하로 다소 풍속이 약해진 07:40분 이후에도 주요는 계속되었다. 이는 주요 중에는 파주계수가 1/5로 감소되기 때문(윤, 2002)에 파주력이 급격하게 감소되었기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 주요가 일단 시작되면 파주력이 급격하게 감소되기 때문에 외력이 다소 감소되더라도 주요가 쉽게 멈추지 않을 것으로 판단되며, 이러한 경우에는 양묘하여 항해로 전환하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

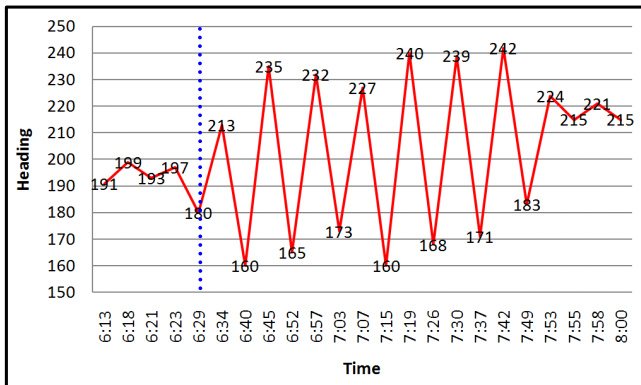


Fig. 9 Variation of heading at dragging

4) Fig.6의 선체의 이동패턴과 Fig.9의 선수방위각의 변화패턴을 비교해 보면 거의 유사함을 알 수 있다. 주요 초기와 말기의 좌우 이동거리가 짧을 경우 선수방위각의 변화량도 적은 것으로 확인되었으며, 선박의 스윙폭의 끝단에서 선수방위각이 최대 또는 최저값을 나타낸 것으로 확인되었다.

5) 우현묘를 사용하였을 경우, 선박이 우측 한계에서 좌측으로 이동되면서 주요가 시작되었다. 이는 외력의 작용 방향과 선수미선이 이루는 각이 최대가 되는 시점에서 선수가 우측으로 회두하면서 회두 모우멘트로 인하여 우현 앵커의 체인에 장력이 크게 작용되었기 때문인 것으로 판단된다.

6) 주요는 외력이 강하게 유지된 약 1시간 30분 동안 지속되었고, 이동거리는 외력이 작용하는 후방으로 약 230m로 측정되어 주요 속도가 0.08kts임을 확인할 수 있었다. 이는 파주력에

대한 외력의 상대적 크기에 따라 결정될 것으로 판단되며, 묘박지에서의 주요 가능성을 고려했을 때 좌우 스윙형태의 움직임과 이동속도는 묘박 선박간의 이격거리 산정에 기준이 될 것이다.

5. 결 론

실제로 주요가 발생했던 실선 한바다호의 사례를 분석하여 선체에 작용하는 외력과 파주력을 비교하여 주요 한계에 대한 정량적인 분석을 수행하였고, 주요 패턴을 분석한 결과는 다음과 같다.

1) 묘박 중 스윙형태로 시시각각 움직이는 선체의 풍압력 계산은 상당히 곤란하기 때문에 정면 풍압면적을 이용하여 근사적으로 구할 수 있으며, 대상선박과 같이 풍압면적이 비교적 큰 여객선형의 경우 체인의 신출량이 8새클인 단묘박 상태에서는 풍압력 계산 시 정면풍압면적의 2배 정도가 타당한 것으로 확인되었다.

2) 주요가 발생하는 대부분의 시점은 외력이 점점 강해져서 앵커의 상크가 들리기 시작하는 순간으로 판단되므로 외력에 따른 현수부의 길이만 확인하여도 주요의 가능성을 대략적으로 쉽게 판단할 수 있다.

3) 수심이 깊을 경우에는 체인을 최대한 신출해도 현수부의 길이가 길어져서 작은 외력에도 앵커의 상크가 빨리 들림으로써 파주력이 상대적으로 쉽게 작아질 수 있으므로 묘박 시 주의가 필요하다.

4) 주요가 일단 시작되면 파주력이 급격하게 감소되기 때문에 외력이 다소 감소되더라도 주요가 쉽게 멈추지 않을 것으로 판단되며, 이러한 경우에는 양묘하여 외해로 항행하는 것이 최상의 방안으로 사료된다.

5) 묘박 중뿐만 아니라 주요 시에도 선체가 좌우로 스윙하는 현상은 지속되었으며, 선체의 스윙 범위는 앵커를 기점으로 약 40°정도로 확인되었고, 선수방위는 좌우 끝단에서 20° 정도 더 회두하였다.

6) 주요가 시작되면서부터 선수방위의 변동 폭이 크게 나타났으며, 이는 선박에서 주요가 시작되고 있음을 확인할 수 있는 중요한 단서로 판단된다.

7) 우현묘를 사용하였을 경우, 선박이 우측 한계에서 좌측으로 이동되면서 주요가 시작되었고, 선체의 이동패턴과 선수방위각의 변화패턴을 비교해 보면 거의 유사함을 알 수 있었다.

8) 주요 속도는 0.08kts로 파주력에 대한 외력의 상대적 크기에 따라 결정될 것으로 판단되며, 묘박지에서의 주요 가능성을 고려할 경우 좌우 스윙형태의 움직임과 이동속도는 묘박 선박간의 이격거리 산정에 기준이 될 것이다.

본 논문은 실제로 주요가 발생된 실선 데이터를 확보하여 분석한 자료로 주요 현상 및 패턴에 대한 연구 분야에 소중한 자료로 이용될 것이며, 추후 폭넓은 실선 데이터를 바탕으로 다양한 선형에 대한 검토가 함께 이루어져야 할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] 국립해양조사원(1998), “부산항 부근의 조류도”.
- [2] 윤점동(2002), “선박조종의 이론과 실무”, 세종출판사, pp.1-17.
- [3] 정창현, 공길영(2009), “실습선 한바다호의 묘박 지침 개발에 관한 연구”, 해양환경안전학회지, 제15권, 제1호, pp.49-55.
- [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] 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, pp.57-61.

원고접수일 : 2009년 8월 27일

심사완료일 : 2009년 10월 30일

원고채택일 : 2009년 11월 2일