

울산항 E 집단정박지 묘박안전성 평가에 관한 연구

이윤석*†

* 한국해양대학교 해사대학 선박운항과

A Study on the Anchoring Safety Assessment of E-Group Anchorage in Ulsan Port

Yun-Sok Lee*†

* Department of Ship Operation, Korea Maritime and Ocean University, Busan, 606-791, Korea

요 약 : 본 연구에서는 울산항 E 집단정박지를 이용하는 대표적인 8척의 선박에 대한 단묘박 상태에서의 묘박안전성을 앵커와 앵커체인, 파주력과 바람, 파랑 및 조류에 따른 외력으로 상호 비교하여 평가하고, 주요 발생이 가능한 최소 한계 외력을 분석하고자 한다. 파주력은 해저지질과 실제 앵커 의장수를 반영했고, 선체에 작용하는 외력은 만재와 경하상태별로 풍압면적과 수면하부 침하면적을 조사하여 각 상태별로 선체에 작용하는 풍압력, 유압력 및 파랑 표류력을 산출하였다. 단묘박 상태에서의 주요 한계 외력에 대한 분석 결과 선박의 종류, 규모 및 적재 상태별로 다소 차이는 있으나 조류 2 knots 조건 하에서 일반화물선은 풍속 15 m/s 이상, 유류운반선은 풍속 13 m/s 이상이면 주요가 발생할 수 있음이 확인되었다.

핵심용어 : 울산항 E 집단정박지, 파주력, 주요, 한계 외력, 풍압력, 유압력, 표류력

Abstract : This study suggests the minimum critical external forces based on the assessment of anchoring safety to single anchor situation for representative 8 number of ships in E-group anchorage of Ulsan port. Assessment of anchoring safety is compared holding powers of anchor with external forces of wind, wave and current. Holding powers was reflected materials of seabed, equipment numbers regarding anchor and chain weight, also external forces acting on a hull was calculated considering projected wind area and wetted surface area to the full and ballast conditions respectively. The results of anchoring safety assessments to single anchor showed that the minimum criteria of dragging anchor is a little different from ship's type, size and loading conditions. Bulk carrier can be dragged over the 15m/s of winds and Tanker can be dragged over the 13m/s of winds in case of less than 2knots of currents speed.

Key Words : Ulsan E group anchorage, Holding power, Dragging anchor, Critical external force, Wind force, Current force, Wave force

1. 서 론

국내 최대 액체화물 취급 거점항만인 울산항은 최근 동북아오일허브 사업을 통해 아시아 유류화물 핵심항만으로 성장하고자 지속적인 항만시설 확충 및 배후시설 개발을 추진하고 있다. 그러나 항만개발에 따른 선박의 항행환경(항로, 수심, 선회장 및 정박지 등) 개선 및 안전관리에 대한 연구 검토는 부족한 실정이다. 특히 울산항은 109개 선석, 2013년 총 입항 척수 22,816척(Port-MIS 2.0, 2013)으로 항만시설 및 입출항 선박이 증가하고 있으나 정박지에 동시 정박이 가능

한 선박척수는 총 40척, 정박지 가동률은 93% 수준으로 정박지가 부족한 실정이다. 또한 향후 동북아오일허브 사업 등과 같은 울산항 개발 계획이 진행될 경우 정박지 부족 현상은 더욱 심화될 것으로 사료된다.

울산항 E 집단정박지는 지형적으로 남동풍 계열의 바람과 파랑에 노출되어 있고 수심이 깊으며 강한 조류가 작용하는 해역으로 인하여 선박 주요가 빈번하게 발생하고 있다. 지난 2013년 11월 25일 기상악화로 인해 부선을 포함한 선박 4척이 주요·좌초되는 해양사고가 발생하여 E 집단정박지 수역시설에 대한 정박 선박의 체계적인 안전관리 방안 모색이 요구되고 있는 상황이다.

† lys@kmou.ac.kr, 051-410-5098

울산항 E 집단정박지 묘박안전성 평가에 관한 연구

묘박안전성 연구는 태풍 매미로 인해 발생한 해양사고 중 선박의 주묘를 분석하기 위해 묘박안전성 평가 모델을 제시한 연구(Lee et al., 2000)를 시작으로 최근에는 선체 피칭운동에 따른 좌주력 감소 연구(Jung and Kong, 2009) 등이 이루어지고 있다. 그러나 본 연구와 같이 특정 정박지를 대상으로 수심, 해저지질, 정박지 이용 톤수, 선박별 경하 및 만재상태에서의 풍압 및 침하면적, 의장수 등을 직접 조사·분석하여 선박 규모별로 계통적인 묘박안전성을 평가한 사례는 없다. 본 연구에서는 울산항 E 집단정박지를 이용하는 대표선종 8척을 대상으로 선박 상태별로 선체에 작용하는 풍압력, 표류력 및 유압력을 각각 산출하여 좌주력과 상호 비교·분석한 후 최초 주묘가 발생 가능한 주묘 한계(닷이 해저에서 끌릴 수 있는 최초 기상 조건) 조건을 제시하였다. 이러한 E 집단정박지 이용 선박의 묘박안전성 평가 연구는 주묘 여부를 사전에 판별할 수 있는 객관적인 기준 마련에 활용될 수 있다. 또한 정박 중인 선박의 선장으로 하여금 주묘 예방을 위해 제진묘와 2묘박을 실시해야 하는 시점을 제시해 줄 수 있을 뿐만 아니라, 울산항 VTS 관제실 및 안전관리 부서에서 기상악화에 따른 적절한 선제적 대응에 참고할 수 있어 선박 주묘에 따른 해양사고 예방에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

2. 울산항 E 집단정박지 현황 및 주요 해양사고

2.1 울산항 E 집단정박지 현황

울산항 E 집단정박지는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 E1, E2, E3로 구성되어 있으며, 해역별 정박 가능 선박 규모는 총톤수를 기준으로 10,000톤, 30,000톤, 150,000톤이고 수심 및 해역의 면적 등은 Table 1과 같다.

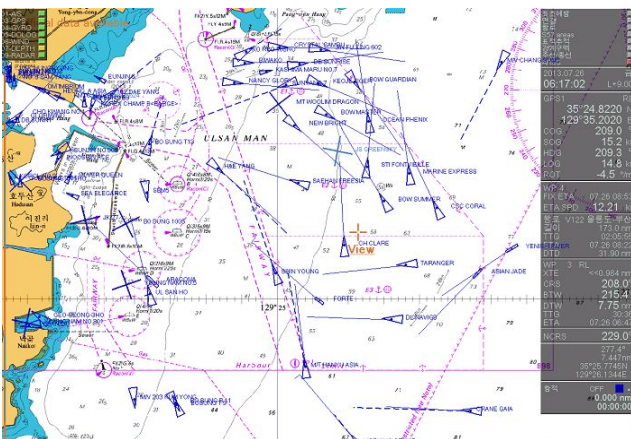


Fig. 1. Status of E group anchorage.

Table 1. Detailed specifications of E group anchorage

Items	Depth of water	Area	Ship size	NCAS
E1	25 m~58 m	6.63 km ²	10,000 GT	12
E2	38 m~68 m	7.89 km ²	30,000 GT	8
E3	47 m~70 m	11.76 km ²	150,000 GT	6

단, 표의 내용 중 NCAS(Number of Concurrent Anchoring Ship)는 동시 정박 척수를 의미하며, 이는 항만 및 어항설계 지침(Ministry of Oceans and Fisheries, 2005)에 의거하여, 단묘박 상태에서 저질이 양호한 경우 선체길이에 수심의 6배를 합산한 값을 기준으로 산출한 결과이다. 단, 여기에서 저질이 양호한 경우를 기준으로 한 이유는 Fig. 2와 같이 2013년 7월 26일 실습선 한바다호를 활용하여 실선 투묘 후 해저저질을 확인한 결과 진흙 성분의 Mud로 분석되었기 때문이다.



Fig. 2. Condition of Mud seabed in E1&E2 anchorage.

Table 2는 2003년부터 2012년까지 10년간 울산항 E 집단정박지를 사용한 선박 척수를 조사한 결과이며, E1 정박지는 연간 평균 5,738척의 선박이 꾸준히 이용하고 있었다.

Table 2. Number of anchoring ships by recent 10 years

Year	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
E1	5,126	5,722	5,568	5,464	6,172	6,157	5,826	5,807	5,912	5,625
E2	1,662	1,934	1,702	1,691	1,959	2,137	2,134	2,142	2,413	2,037
E3	860	976	800	857	976	1,227	1,153	1,257	1,531	1,507

정박지 이용 톤수대를 분석한 결과 E1 정박지는 1,000 G/T ~ 3,000 G/T 규모의 선박이 빈번하게 이용했고, 다음으로는 3,000 G/T ~ 5,000 G/T로 나타났다. 그리고 E2 정박지는 25,000 G/T ~ 30,000 G/T, E3 정박지는 30,000 G/T ~ 50,000 G/T 규모의 선박이 주로 사용하고 있는 것으로 확인되었다.




2.2 최근 E 집단정박지 주요 해양사고

2013년 11월 25일 월요일 새벽 02시~04시경 기상이변으로 4척의 선박이 주묘·좌초되었으며, 이중 부산 1척은 좌초 후 곧바로 이초가 완료되었다. Table 3과 Fig. 3은 주묘로 좌초된 선박 3척의 상세제원과 위치이며, 당시 해상 기상은 S~SW 풍향

이 30 m/s, 파고 5 m~7 m 수준으로 확인되었다.

이와 같이 E 집단정박지는 수심이 깊고 외해에 인접하여 East에서 South 계열의 바람과 파랑에 취약하며, 특히 강한 창·낙조류가 작용할 경우 주요 가능성이 높은 해역이므로 정량적인 묘박안전성 평가를 기초로 주요 예방 및 정박지 안전관리 방안 등을 수립해야 할 것으로 판단된다.

Table 3. Ship's overview and situation of dragged accidents

Ship's particulars	Accident situation
Ship Name : ZHOU HANG 2 Call sign : BKNG 6 Gross tonnage : 4,675 Flag : China Length, Breadth, Depth : 105.0×16.4×8.4 m	
Ship Name : CS CRANE Call sign : 3EJD9 Gross tonnage : 7,675 Flag : Panama Length, Breadth, Depth : 116.0×20.0×11.7 m	
Ship Name : 5 BUMJIN Call sign : 110064 Gross tonnage : 2,302 Flag : Korea Length, Breadth, Depth : 90.0×15.0×7.0 m	

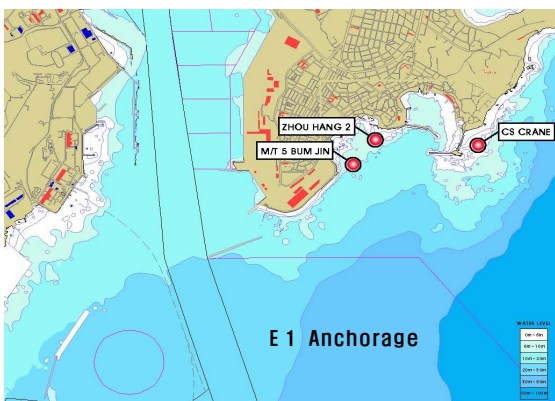


Fig. 3. Ship's position of dragged accidents.

3. 대상선박 및 평가 모델

3.1 대상선박 선정 및 주요제원

E 집단정박지 이용 선박에 대한 분석을 기초로 단묘박 상태에서의 묘박안전성 평가를 위해 Table 4와 같이 규모별로

8척의 대표선박을 선정하였다. 또한 만재(Full) 및 경하(Ballast)상태에서의 홀수를 기초로 정면(AT, Projected area of transverse) 및 측면(AL, Projected area of lateral) 풍압면적을 계산하였다. 표의 선박 중에서 3,000 DWT, 5,000 DWT, 30,000 DWT 및 50,000 DWT급은 산적화물선(Bulk) 또는 일반화물선(General cargo)이고, 나머지 4척은 유류운반선(Tanker)이다.

Table 4. Principal particulars of the target ship

DWT	Data	LOA/ LBP	Breadth	Draft	Projected wind area(m ²)	
					AT	AL
3,000	Full	94.0m/	14.6m	5.6m	99.6	306.2
	Ballast	88.0m				
5,000	Full	109.0m/	16.8m	6.5m	130.0	250.0
	Ballast	104.0m				
8,500	Full	118.0m/	18.8m	7.2m	254.0	813.0
	Ballast	113.0m				
10,000	Full	127.0m/	20.8m	7.9m	350.0	916.0
	Ballast	124.0m				
30,000	Full	190.0m/	22.6m	10.7m	410.0	1,194.0
	Ballast	180.0m				
50,000	Full	215.4m/	32.0m	12.3m	518.0	1,550.0
	Ballast	206.0m				
150,000	Full	277.4m/	46.0m	17.0m	866.0	2,778.0
	Ballast	270.0m				
300,000	Full	333.0m/	58.0m	22.5m	1,259.0	3,626.0
	Ballast	314.0m				

3.2 평가 모델

묘박 중인 선박의 앵커와 앵커체인의 파주부에 의한 파주력(F_{HP})과 선체에 작용하는 바람, 파랑, 조류로 인한 외력(F_{EF})과의 관계에서 식(1)과 같이 묘박안전성을 판별할 수 있는 평형방정식을 유도할 수 있다.

$$F_{EF} = \sum_{i=1}^3 F_i = F_{wind} + F_{wave} + F_{current} = F_{HP} \quad (1)$$

본 연구에서 대상으로 선정한 외력 요소는 선종별로 정량적인 해석이 가능한 바람에 의한 풍압력(F_{wind}), 파랑에 의한 표류력(F_{wave}), 조류에 의한 유압력($F_{current}$)을 대상으로 했고, 단묘박 상태에서 주요 가능한 한계 외력 도출을 일반화하기 위해서 엔진 사용에 따른 추진력과 선체 상하운동 등의 요소는 배제하였다. 다음으로 단묘박 상태에서 파주력을 분석하기 위해 대상 선박별로 앵커중량, 앵커체인의 중량 및 등급과 같은 갑판 의장수를 조사하였으며, 그 결과를 정리하면 Table 5와 같다. 표에 명시된 의장수 자료는 묘박 안전성 대상선박과 가장 유사한 규모의 실제 운항 중인 선박을 대상으로 한국선급에 등록된 선박을 조사한 결과이다.

Table 5. Equipment number and chain weight

Items DWT (real ship)	Ship's type	LOA/ LBP	Anchor weight	chain diameter /rate	Equipment number
3,000 (2,846)	Bulk	79.9m/ 74.3m	1.74ton	36mm/2	592
5,000 (4,999)	Bulk	92.0m/ 84.6m	2.46ton	44mm/2	826
8,500 (8,511)	Tanker	121.4m/ 112.4m	3.06ton	50mm/2	1046
10,000 (10,597)	Tanker	119.8m/ 110.4m	3.54ton	46mm/3	1176
30,000 (29,365)	General cargo	161.8m/ 152.6m	6.90ton	64mm/3	2323
50,000 (51,662)	General cargo	221.1m/ 212.0m	7.94ton	78mm/3	3485
150,000 (134,441)	Crude Oil tanker	271.0m/ 256.7m	12.08ton	93mm/3	5301
300,000 (298,960)	Crude Oil tanker	332.0m/ 315.8m	20.00ton	111mm/3	6859

3.3 파주력 평가

파주력은 앵커 자체 중량과 파주부(앵커체인이 해저바닥에 놓여 있는 부분)에 의해 형성되며, 해저저질에 따른 파주계수를 활용하여 식(2)에 따라 산출된다. 여기에서 앵커의 파주계수는 재래식 선박에 많이 장착된 ASS형 앵커 타입을 대상으로 하여, 3.0을 대입하였다.

$$F_{HP} = P_a + P_c = \lambda_a w_a + w_c \lambda_c l \tag{2}$$

여기서, λ_a : 앵커 파주계수, λ_c : 앵커체인 파주계수,
 W_a : 앵커 중량, W_c : 앵커체인 수중중량,
 l : 해저에 깔린 닻줄(파주부)

3.4 풍압력 평가

묘박 중인 선체에 작용하는 풍압력은 풍압면적을 기초로 선형과 풍향각에 따라 산출하는 식(3)을 이용하였다(Fujiwara, 1998).

$$F_{wind} = \frac{1}{2} \rho_a C_a A_T V_a^2 \tag{3}$$

여기서, V_a : 풍속, ρ_a : 공기밀도($0.124\text{kg} \cdot \text{sec}^2/\text{m}^4$)
 C_a : 정면 풍압계수, A_T : 정면 풍압면적(m^2)

묘박 중 풍속 증가에 따른 선체운동은 무게중심 G를 기준으로 “∞” 형태의 Swing을 하게 되며 Fig. 4의 ③ 시점에서

선체 측면 투영면적의 영향이 커지면서 선체 Swing 가속도가 최대가 되어 앵커와 앵커체인에 최대 장력이 작용함에 따라 주묘가 발생하는 것으로 조사되었다(Honda, 2005). 풍압력 산출에 있어서 선체 측면적의 영향은 식(3)을 만재와 경하상태로 분리해서 각각 계산 후, 주묘 시점에서의 선체 상태를 고려하여 정면 풍압면적의 2배를 적용하였다. 이는 주묘 발생 가능성이 큰 ③ 시점에서 상대 풍향각 30°를 적용한 결과 정면 대비 측면의 풍압면적 비율이 대상선박 8척 평균 2.04배로 분석되었기 때문이다.

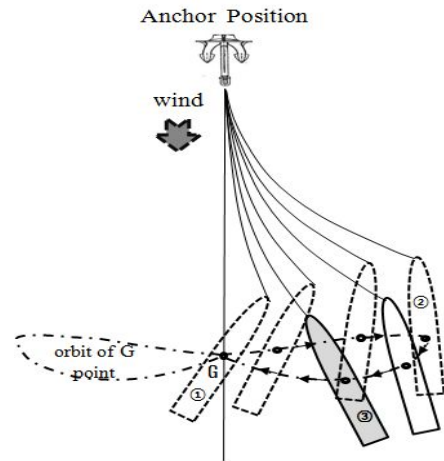


Fig. 4. Hull swing with the wind at anchor.

3.5 표류력 평가

규칙적인 파랑에 의한 영향은 주기적으로 변동하는 정상성분의 표류력을 파진폭과 파장·선장비를 이용한 식(4)를 활용하여 산출한 후 불규칙파에 대한 보정을 수행하였다(Hirano, 1995; Remery, 1973). 식(4)의 표류력 계수는 풍속별로 발생 가능한 파장·선장비를 산출한 후 상대 파향 30°에 해당되는 수치를 입력하였다.

$$F_{wave} = \frac{1}{2} \rho_w C_w g L h_c^2 \tag{4}$$

여기서, C_w : 표류력 계수, g : 중력가속도(m/s^2)
 ρ_w : 해수밀도($104.5\text{kg} \cdot \text{sec}^2/\text{m}^4$),
 h_c : 파 진폭(m), L : 선체 길이(m)

3.6 조류(유압)력 평가

조류에 의한 유압력은 대상 선박별 저항계수를 현실적으로 추정하기가 곤란하여, 식(5)와 같이 상대적으로 작은 유속 상태에서 선체 정면이 받는 마찰저항을 산출하여 선체에 작용하는 유압력을 산출하였다(Froude, 1927). 유향 및 측면

침하면적의 영향은 풍압력 방식과 유사하게 주요 발생이 가능한 상태에서의 선체와 상대 유향각 30°를 적용한 결과 정면 대비 측면 침하면적 비율이 대상선박 8척 평균 3.06배로 분석되어 정면 침하면적의 3배를 적용하였다.

$$F_{current} = \rho_w \delta S V_w^{1.825} \quad (5)$$

여기서, δ : 마찰계수[0.1392+0.258/(2.68+L)]
 V_w : 유속(m/s), L : 선체 길이(m)
 ρ_w : 해수밀도, S : 선체 침하면적(m²)

4. 요박안전성 판별

4.1 파주력 산출 결과

요박 중인 선박은 앵커 및 앵커 체인을 통해 파주력을 형성한다. 그러나 앵커 체인은 외력에 따라 수시로 변화하는 현수부의 영향으로 파주부 길이가 변동하게 된다. Table 6 은 파주부 길이 변화에 따른 파주력 변화를 감안하여 풍속 30 knots, 조류 2 knots, 파고 3 m 조건 하에서 파주력의 최대 및 최소값을 정리한 것이다. 또한 Fig. 5는 대상선박의 선종별 만재와 경하상태에서의 앵커 및 앵커체인에 의한 파주력 산출 결과를 제시한 것이다.

Table 6. Results of total holding powers with anchor chain

Ship's Size	Total holding powers(tonf)	
	Min	Max
3,000 DWT	7.9	9.5
5,000 DWT	11.6	13.7
8,500 DWT	14.0	17.3
10,000 DWT	15.6	20.2
30,000 DWT	30.3	35.6
50,000 DWT	39.5	48.5
150,000 DWT	54.4	69.2
300,000 DWT	83.1	106.0

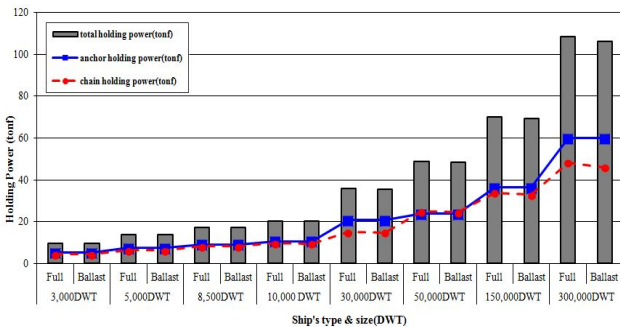


Fig. 5. Results of holding powers with ship size

4.2 외력평가 결과

1) 풍압력

대상선박에 대한 만재와 경하상태에서의 풍속별 선체에 작용하는 풍압력 해석 결과는 Fig. 6과 같다. 풍압력 계산 결과 상대적으로 풍압면적이 큰 경하상태가 만재상태보다 큰 풍압력을 받으며, 선박 규모가 클수록 풍압면적이 증가하여 풍압력이 크게 작용하였다. 단, 특이점으로 30,000톤급이 10,000톤급 보다 풍압력이 다소 작게 산출된 것은 선형별 풍압계수의 차이에 의한 것이다. 300,000톤급 탱커선을 기준으로 풍속 30 knots일 경우 만재상태에서의 풍압력은 35.4 tonf, 경하상태에서는 57.3 tonf 정도 작용하는 것으로 분석되었다.

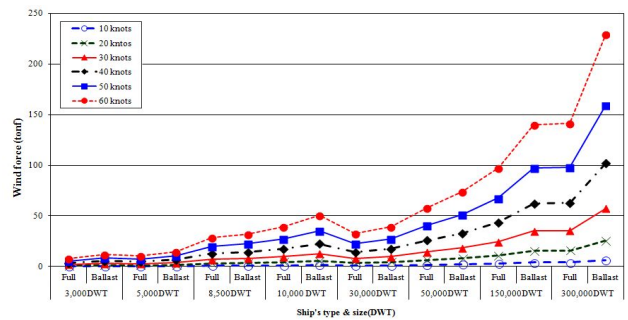


Fig. 6. Results of wind forces action on the ship hull.

2) 유압력

대상선박별 만재와 경하상태에서의 조속별 유압력 결과는 Fig. 7과 같다. 수면하부에 작용하는 유압력은 침하면적에 비례하므로 경하보다 만재상태가 크며 300,000톤급의 경우 만재상태가 57.2 tonf, 경하상태에서 24.2 tonf로 해석되었다.

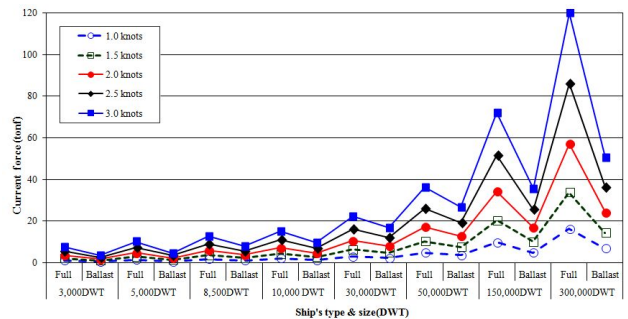


Fig. 7. Results of current forces action on the ship hull.

3) 파랑 표류력

선체에 작용하는 파랑 입사각은 풍향을 고려하여 선수미 방향을 기준으로 상대방위 30°를 적용한 결과는 Fig. 8과 같다. 표류력은 대상선박의 운항 상황(만재, 공선, 트립 등)과는 무관하며, 파장 대비 선박길이의 비가 작은 $\lambda/L=0.5$ 가 λ

울산항 E 집단정박지 묘박안전성 평가에 관한 연구

$\lambda/L=1.0$ 보다 크게 나타났다. 일례로 $\lambda/L=0.5$ 조건에서 3,000 DWT급에 작용하는 표류력은 파고 2.0 m이면 2.04 tonf이며, 300,000 DWT급 선박에는 6.17 tonf로 분석되었다.

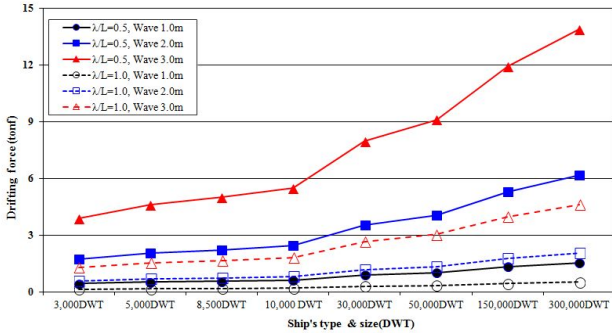


Fig. 8. Results of wave drifting forces action on the ship hull.

4.3 한계 외력 평가

파주력과 외력의 평행방정식인 식(1)에 따라 최소 파주력보다 큰 외력이 작용하는 주요 한계 조건을 대상 선박별로 평가한 결과를 Fig. 9에 제시한다. 여기서 Case 번호는 풍속 10 knots~60 knots까지 10 knots씩 증속하면서, 조류는 1.0 knots, 1.5 knots, 2.0 knots, 2.5 knots로 순차적으로 조합한 번호를 부여한 것이다.

파랑은 풍속의 영향이 지배적이므로 10 knots~30 knots까지는 λ/L 0.5를, 40 knots~60 knots에는 λ/L 1.0을 적용하면서 순차적으로 파고를 1.0 m, 2.0 m, 3.0 m로 적용하였다. 따라서 6개의 풍속 요소와 4개의 조류 요소를 기반으로 하여 24개의 시나리오별 한계 외력 조건을 도출하였고, 일례로 Case 1, 7, 13, 19의 경우는 풍속 10 knots에 조류 1.0 knots, 1.5 knots, 2.0 knots, 2.5 knots 조건에 해당된다. 또한, Fig. 9의 실선은 만재상태, 점선은 경하상태의 외력을 의미하고 원형 점선이 파주력으로 원형보다 큰 값을 나타내는 부분이 주요 한계 외력에 해당된다.

각 시나리오별로 분석한 주요 한계 외력을 대상 선박별로 정리한 결과를 Table 7에 제시한다. Table 7의 한계 외력 판별은 최소 파주력을 기준으로 풍압력, 유압력 및 파랑 표류력으로 구성된 총 외력의 합과 동일하거나 총 외력보다 작은 범위에서 결정하였다. 대상 선박별로 묘박안전성 확보가 가능한 한계 외력 조건 판별 결과, 일반화물선(Bulk) 5,000 DWT급 미만의 선박의 경우 조류 2.0 knots 미만일 때 풍속 20 m/s, 조류 2.0 knots 이상일 때 15 m/s 수준으로 판별되었고, 30,000 DWT급 선박의 경우 조류 2.0 knots 미만일 때 풍속 25 m/s, 조류 2.0 knots 이상일 때 15 m/s 수준으로 평가되었다. 다음으로 유류운반선(Tanker) 8,500 DWT급 선박은 조류 2.0 knots 미만일 때 풍속 15 m/s, 조류 2.0 knots 이상일 때 10 m/s

이며, 10,000 DWT급 선박은 조류 2.0 knots 미만일 때 풍속 13 m/s, 조류 2.0 knots 이상일 때 10 m/s이고, 50,000 DWT급 선박은 조류 2.0 knots 미만일 때 풍속 20 m/s, 조류 2.0 knots 이상일 때 15 m/s이며, 150,000 DWT급 이상 탱커선은 조류 2.0 knots 미만일 때 풍속 15 m/s, 조류 2.0 knots 이상일 때 10 m/s 수준에서 주묘가 발생하는 것으로 확인되었다. 또한 중형급 미만 유조선의 경우는 일반 벌크선 보다 의장수가 상대적으로 작기 때문에 앵커 중량 및 앵커 체인 등급이 작아 외력에 취약하며, 특히 선체 침하면적이 상대적으로 커서 조류의 영향이 클 경우 주요 개연성이 큰 것으로 확인되었다.

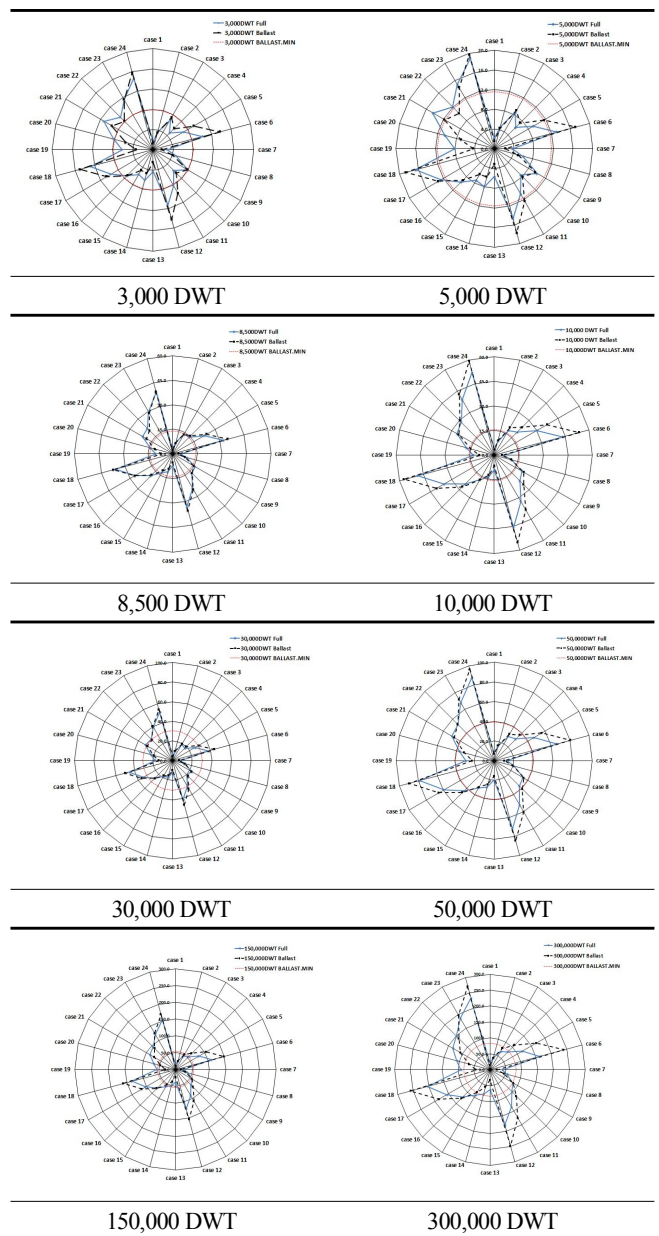


Fig. 9. Results of anchoring safety with each scenarios.

Table 7. Results of limits external forces to dragging anchor

Ship's size	Current (knots)	Wind(knots)	
		Full	Ballast
3,000DWT (Bulk)	1.0	55	50
	2.0	40	40
5,000DWT (Bulk)	1.0	55	50
	2.0	45	45
8,500DWT (Tanker)	1.0	40	40
	2.0	35	40
10,000DWT (Tanker)	1.0	30	30
	2.0	20	25
30,000DWT (Bulk)	1.0	55	50
	2.0	45	45
50,000DWT (Tanker)	1.0	45	40
	2.0	35	35
150,000DWT (Tanker)	1.0	40	35
	2.0	25	30
300,000DWT (Tanker)	1.0	40	35
	2.0	25	30

5. 결론

울산항 E 집단정박지를 이용하고 있는 대표적인 선박 8척을 대상으로 만재상태와 경하상태에서의 앵커에 작용하는 파주력과 바람, 파랑 및 조류로 인한 외력을 산출하여 상호 비교 후 주요 발생 한계 외력을 일반화하여 제시하였다. 본 연구의 결과를 요약 정리하면 다음과 같다.

(1) 울산항 E 집단정박지 이용 선박 조사, 최근 해양사고 기상조건 분석 및 해저지질 조사를 기반으로 정박지를 이용하는 대표선박 8척을 규모별로 선정한 후 파주력 산출에 필요한 앵커 및 체인 중량을 분석하여 단묘박 상태에서의 파주력을 계산했고, 만재상태와 경하상태에서의 풍압면적 및 침하면적을 기초로 풍압력, 조류력, 표류력을 해석하였다.

(2) 단묘박 상태에서의 주요 한계 외력에 대한 분석 결과, 선박의 종류, 규모 및 적재 상태별로 다소 차이는 있으나 조류 2knots 조건 하에서 바람에 따라 충분히 발달된 파랑이 작용할 경우 일반화물선은 풍속 15m/s~20m/s, 유류운반선은 풍속 13m/s~15m/s 전후에서 주묘가 발생할 수 있음이 확인되었다.

(3) 정박 중인 선박은 기상정보 수집에 최대한 노력하면서 본 연구에서 제시한 주요 한계 외력에 인접했을 경우에는 우선 선체 Swing을 효과적으로 줄이면서 주묘를 예방할 수 있는 제진묘를 수심의 1.5배~2.0배 수준에서 투묘할 필요가 있다. 그 다음 지속적으로 기상이 악화될 경우에는 2묘박을 실시하면서 적절하게 엔진 및 Thruster 등을 활용해야 한다.

특히 기상이 악화된 상황에서 무리하게 외해로 이동할 경우 충분한 추진력이 확보되지 못하면 양묘 중 선체 압류로 인해 좌초 및 정박선 간 충돌 발생 개연성이 존재하므로 각별한 주의가 요구된다.

본 연구에서 제시한 주요 한계 외력 조건은 단묘박 상태에서 분석한 결과로 향후 2묘박 상태에서의 주요 평가, 앵커 형식에 따른 파주계수의 고찰, 선체운동을 고려한 묘박안전성 모델링 개선 등에 대한 후속 연구가 필요할 것으로 사료된다.

References

- [1] Fujiwara, T., M. Ueno and T. Nimura(1998), The Estimation of Wind Force and Moments Acting on Ships, The Society of Naval Architecture of Japan, No. 183, pp. 77-90.
- [2] Froude, R. E.(1927) On the Constant System of Notation of Results of Experiments on Models Used at the Admiralty Experiment Works, Trans, INA No. 69.
- [3] Hirano, M.(1995), The Application of Maneuvering Study to Ship's Design, Proceedings of the 12th Marine dynamics Symposium, The Society of Naval Architecture of Japan, pp. 48-50.
- [4] Honda, K.(2005), Guidelines of maneuvering, chapter 4 berthing maneuvering and anchoring, sungsangdang, pp. 116-123.
- [5] Jung, C. H. and G. Y. Kong.(2009), A Study on the Development of Anchoring Manual for T.S. HANBADA, Journal of the Korean Society of Maritime Environment & Safety, Vol. 15, No. 1, pp. 49-55.
- [6] Lee. Y. S., Y. C. Jung, S. W. Kim, J. H. Yun, S. H. Bae and P. H. Nguyun.(2000), A Study on the Limit of Anchor Dragging for Ship at Anchor (I), Journal of Navigation and Port Research, Vol. 29 No. 5, pp. 357-363.
- [7] Ministry of Oceans and Fisheries(2005), Guidelines of Port and Harbor Design, Chapter 6 water facilities, p. 690.
- [8] Port-MIS 2.0(2013), Port Management Information System, <https://portmis.go.kr/>.
- [9] Remery, G. F. M. and G. V. Oortmerssen(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 : 2014년 01월 24일

원고수정일 : 2014년 03월 26일

게재확정일 : 2014년 04월 25일