

# 외해 개방형 정박지의 안전성 향상에 관한 연구 - 포항항 중심으로

김정록\* · † 국승기

\*한국해양대학교 대학원, † 한국해양대학교 해양경찰학과 교수

## Study on Anchored Safety Improvements for Open Sea Anchorage - Focused on Pohang Port

Jeong-Rok Kim\* · † Seung-Gi Gug

\*Graduate school of Korea Maritime & Ocean University, Busan 606-791, Korea

† Department of Coast Guard Studies Korea Maritime & Ocean University, Pusan 606-791, Korea

**요 약** : 최근 각종 해양사고 발생으로 인하여 해양 관련한 안전사고에 대한 문제들이 대두되고 있다. 이러한 사고 중 우리나라 연안에 위치한 31개소 무역항의 지정된 정박지 중 특히 외해개방형 정박지 경우 기상악화로 인하여 유효한 선박 파주력을 확보하지 못함으로써 주묘가 발생하여 사고 위험이 많아지고 있으나 정박선박의 안전성 확보나 정박지의 효율적인 운영을 위한 체계적인 정박지 안전관리 기준안은 미흡한 실정이다. 또한, 항만의 지리적인 위치 및 지형적인 특성으로 인하여 특정 조건의 외력에 취약한 외해 개방형 정박지 경우에는 태풍은 물론 강한 돌풍 등에 의해 선박은 주요 가능성이 높아지고 이로 인한 2차 사고 발생이 우려된다. 본 논문에서는 외해개방형 정박지의 사례로 포항항의 경우 최근 주묘로 인한 해양사고 사례를 검토하여 입출항 선박의 크기별 한계외력을 계산하고 정박지 안전성을 확보할 수 있는 한계 외력을 선박 크기별 한계외력의 기준을 정하는 연구로 기존 개별 선박의 정박안전성 평가에 관한 연구들과 달리 정박선박의 안전성 확보 및 효율적인 정박지 운영을 위해 필요한 정박지 관리에 관한 기초적인 기준으로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

**핵심용어** : 외해개방형 정박지, 선박 파주력, 한계외력, 주묘, 정박안전성

**Abstract** : Recently, Due to variable marine accident occurred, problems relating to marine accidents have been raised. Of these accidents, designated anchorage of Korea coastal port, specially open-sea anchorage, occurred dragging anchor and accidents are likely, due to failure to obtain a valid ship's holding power so that it is the situation unsatisfactory that ensuring the safety of the anchored ship and anchorage systematic safety management stadars for the effücent operation of the anchorage. also in case oi open-sea anchorage vulnerable to external force of certain conditions due to geographical location and topographical characteristics of the port, accidents are likely dragging anchor by typhoon or suddenly strong wind and secondary accidents are concerned .This paper shows standard of limit external force to ensure the safety anchorage each of ship's size through review marine accidents on Pohang port, also it is determined to be used as a basic reference for anchoring safety and efficient anchorage management.

**Key words** : Open-sea anchorage, Ship's Holding power, Limited external force, dragging Anchor, Anchoring safety

### 1. 서 론

최근 세월호 사고로 인한 해양안전에 관한 문제가 대두되고 있다. 특히 정박지 중 직접적으로 스웰의 영향을 받는 외해 개방형 정박지(Open Sea Anchorage)의 경우 정박 안전에 관한 기준이 필요하다. 우리나라 동해안의 경우 해안선이 단조롭고 항만의 방파제를 벗어나게 되면 바로 외해와 맞닿아 있는 지형적인 특성을 가지고 있으며, 대표적인 항만으로 동해안에 위치한 포항항은 계절풍에 의한 돌풍이 자주 발생하여 정박 중 주묘에 의한 해양사고가 발생되고 있으며, 대형사고의 개연성을 크게 내포하고 있다. 포항항 정박지의 경우 19개의 지정 정박지

와 3개의 검역 정박지로 운영되고 있으나 일평균 약 40여척을 수용하기엔 정박지의 숫자가 부족하고, 최근 기상악화로 인한 주요 발생으로 선박이 방파제와 충돌하거나 침몰하는 해양사고가 발생하였다. 최근 5년 이내에 정박 중 사고가 수차례 발생하여 정박 중 선박의 묘박안정성을 검토하여 포항항 정박지의 효율적인 관리와 안전을 확보하기 위한 검토가 필요하다.

이와 유사한 연구로 Jeong, Kong(2009)은 실선 계측에 의한 주요패턴 분석한 사례와 Jeong, Kong(2011) 주요 사례를 통한 AC-14형과 ASS형 앵커의 파주계수 비교를 한 사례들은 특정 선박의 묘박 안전성을 평가한 부분이며, Lee(2014) 울산항 E집 단정박지 묘박안전성 평가에 관한 연구 사례는 묘박안전성을

† Corresponding author : 중신회원, cooksg@kmou.ac.kr 051)410-4127

\* 중신회원, kimjrok@hanmail.net 051)894-1221

(주) 이 논문은 “포항항 정박지 개선방안 연구”란 제목으로 “2014 추계학술대회 한국항해항만학회논문집(동명대학교, 2014.10.23.-24, pp. 5-6)”에 발표되었음.

검토한 연구로 유사하나 울산항 기준으로 연구된 사례이고, 외해개방형 정박지에서 정박선박의 포괄적인 안정성을 확보와 체계적인 안전관리를 위한 외력을 고려한 선박크기별 한계외력의 기준이 필요한 실정이다.

따라서 본 논문에서는 실제로 기상악화로 인한 주묘가 발생한 대상선박의 사례를 통하여 정박선박에 영향을 주는 외력의 적용방법과 사고선박의 파주력을 비교 분석하는 방법을 통해, 포항항 정박지를 이용하는 선박크기별 한계외력의 기준안을 도출하였고, 정박지 안정성확보와 체계적인 운영을 할 수 있는 기초 자료로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

## 2. 이론적인 배경

### 2.1 정박안전성 개요

정박 중인 선박의 안전성 검토는 선박에 영향을 주는 외력과 이에 대항하는 대항력으로 구분되는 힘의 평형방정식으로 표현할 수 있다. 우선 선박이 받는 외력으로는 바람에 의한 풍압력( $F_w$ ), 파랑에 의한 표류력( $F_D$ ), 조류에 의한 유압력( $F_c$ )의 합한 힘이며 이에 대응하는 대항력은 파주력( $F_{HP}$ )과 추진력( $F_T$ )이 있다. 이에 묘박 안전성은 다음의 식(1)과 같이 외력과 대항력으로 구성되는 평형방정식으로 표현할 수 있다.

$$F_w + F_D + F_c = F_{HP} + F_T \quad (1)$$

일반적인 경우에는 외력의 합이 파주력보다 커지게 되면 주묘가 되어 선박이 위험 상황에 직면하기 때문에 이를 보완하기 위하여 엔진을 이용한 추진력으로 파주력을 보완하거나, 단묘박 상태에서 제진묘를 이용하여 파주력을 보완하여 외력보다 대항력을 크게 하여 묘박안전성을 확보하게 된다.

그러나, 본 논문에서는 정박선박이 단묘박상태에서 기상조건에 의한 주묘가 발생하기 전 단계까지의 한계 외력을 구하여 이후 본선에서 주묘를 방지하기 위한 대책을 마련할 수 있도록 하는 기초적인 기준안을 마련하는 것이 주목적이므로 본선에서 취할 수 있는 추진력과 제진묘에 대한 검토는 하지 않았다.

### 2.2 선박이 갖는 파주력

정박 중인 선박이 받는 외력에 대항하는 힘은 앵커와 앵커체인이 갖는 파주력( $F_{HP}$ )과 추진력이 있으나 본 연구에서는 정박 중 선박으로 엔진을 사용하지 않는 것으로 가정하여 파주력에 대해서만 언급한다.

파주력은 앵커와 앵커체인이 갖는 파주력의 합으로 계산할 수 있는 다음 식으로 표현할 수 있다.

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

여기서,  $P_a$  : 앵커의 파주력,  $P_c$  : 앵커체인의 파주력,  $w_a$  : 앵커의 수중무게,  $\lambda_a$  : 앵커의 파주계수,  $w_c$  : 앵커체인 수중

무게,  $\lambda_c$  : 앵커체인 수중 무게,  $l$  : 파주부의 길이

또한, 앵커와 앵커체인의 파주력 계산할 때 필요한 앵커와 앵커체인의 파주계수는 Table 1을 이용하였으며,(윤, 2013) 재래식 선박이나 대형선의 경우 주로 여전히 ASS형 앵커를 많이 사용하므로, 파주력에 대한 기본 계산은 ASS형 앵커의 파주계수를 이용하였다.

Table 1 coefficient of anchor and chain holding power

지질 파주계수	mud	sand	gravel	flat rock	dragging
ASS형	4	3.5	3	2	1.5
AC14형	10	8	8	2.5	2
$\lambda_c$	1	1	0.8	0.8	0.5

앵커체인 파주부는 앵커체인의 신출량에서 현수부를 뺀 값을 사용하며, 현수부 길이(S)는 외력이 선체에 미치는 장력을 기초로 하여 다음 식(3)에 의해 구할 수 있다.(윤, 2013)

$$S = \sqrt{h(h + \frac{2H}{w_c})} \quad (3)$$

여기서,  $h$  : 묘쇄공에서 해저까지의 높이,  $w_c$  : 앵커체인 수중 무게,  $H$  : 외력에 의해 체인에 작용하는 힘

### 2.3 선체가 받는 외력

#### 1) 풍압력

바람에 의한 풍압력( $F_w$ ; Force by wind)은 다음 식(4)에 의해 산출하였으며 체인 케이블의 장력 등 안전도를 고려하여 실용상 충분한 값을 취할 수 있도록 Ca의 값은 1.5를 취하고  $\theta$ 는  $45^\circ$  를 적용하여 계산하였다.(윤, 2013)

$$F_w = \frac{1}{2} C_a \rho_a v_a^2 (A \cos^2 \theta + B \sin^2 \theta) \quad (4)$$

여기서,  $C_a$  : 풍압계수,  $\rho_a$  : 공기밀도,  $v$  : 풍속(m/s), A : 정면풍압면적, B : 측면 풍압면적.

#### 2) 표류력

파랑에 의해 발생하는 표류력은 규칙성분과 불규칙 성분으로 나눌 수 있으며, Hirano(1995)에 의하면 규칙성분이 정상 표류력은 상대파향  $30^\circ$ 에 해당하는 수치와 파장/선장비( $\lambda/L$ )로 결정되는 표류계수와 파진폭을 변수로 하는 다음 식(5)으로 나타낼 수 있다.

$$F_D = \frac{1}{2} \rho_w C_w g L h_c^2 \quad (5)$$

여기서,  $\rho_w$  : 해수밀도 ( $kg \cdot sec^2/m^4$ ),  $C_w$  : 표류계수,  $g$  : 중력가속도, L : 선체길이,  $H_c$  : 파 진폭

그러나 실제 해상은 불규칙파이므로 식(5)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 있다.

3) 조류력

조류력은 선수방향에서 작용하는 조류의 영향을 고려하여 식(6)에서와 같이 Froude가 제안한 마찰저항 계산법을 활용하여 근사적으로 계산하였다.(이, 2014)

$$F_c = \rho_w \lambda S V_w^{1.825} \quad (6)$$

여기서  $\lambda = 0.1392 + \frac{0.258}{2.68 + L}$  단, 깨끗한 외판으로 가정

$F_c$  : 조류력 ( $kg \cdot f$ ),  $\rho_w$  : 해수밀도 ( $kg \cdot sec^2/m^4$ ),  
 $\lambda$  : 마찰계수,  $L$  : 선체길이(m),  $S$  : 수면하면적( $m^2$ ),  
 $V_w$  : 유속(m/s)

본 논문에서는 대상선박의 상대유향각 30°를 적용하였고, 포항항 최대유속인 0.4knots를 적용하였다.

3. 정박지 안전성 향상방안

3.1 연구방향

우리나라 연안에 위치한 31개 무역항 인근 구역에는 입출항 선박들의 대기 장소인 정박지를 운영하고 있다. 이들 정박지는 지형적인 특성과 외력의 영향을 받는 정도에 따라 정온도가 유지되는 내항정박지(In-Harbour Anchorage), 외해로부터 전달되는 스웰에 직접적으로 영향을 받는 외해 개방형 정박지(Open sea Anchorage), 그리고 이들의 중간 형태인 Semi-Closed Anchorage로 구분하여 이들 중 가장 위험요소가 큰 외해개방형 정박지에 대한 정박 안전성을 검토한다.

우선 특정 지역에서 발생한 주요사고를 검토하여 이들 선박이 외력을 받는 정도를 검토하고, 대상 지역의 정박지를 이용하는 입출항 선박들을 조사하여 대표선박을 선정하고 이들 선박의 기상조건에 따른 한계외력을 도출하여 정박지 안전 확보를 위한 기준안을 마련한다.

3.2 포항항 정박지 주요사고 사례

포항항 인근 정박지에서 발생한 해양사고를 분석하기 위하여 지난 10년간(2004-2013) 중앙해양안전심판원 자료와 포항지방해양항만청 관제실(포항VTS센터) 선박 주요사고 기록 및 기타 관련 자료를 참고하여 검토하였으며, 최근 5년간 상당히 많은 횟수의 주요발생이 있었으나 정박선박의 빠른 조치로 사고를 방지하여 대다수는 해양사고로 연결되지 않아 해난심판원이나 관제실에 사고기록이 되지 않았다. 그러나 해양사고나 심각한 위험을 초래한 사고는 기록되어 있고, 그 주요 주요 사고는 Table 2와 같다.

조사된 주요사고들은 풍속이 14m/s 이상 되면 발효되는 풍랑주의보 혹은 풍속 21m/s 이상에서 발효되는 풍랑경보 중에 발생하였고, 사고는 모두 4m 이상에서 주요사고가 발생한 것으로 조사되었다.

Table 2 Situation of dragged accidents within 5 years

Ship's name	G/T	Velocity/wave	Accident situation
SHUN WEI	G/T 9,000	25-30/5	dragging anchor by strong wind
Hyundai Universal	G/T 100,000	16-24/4-7	abnomal windlass
Blue SKY	G/T 10,000	17/4	towing after emergency two anchor
Global Legacy	G/T 30,000	12-16/4-5	Stranded after dragging anchor
Cheng Lu 15	G/T 8,000	20-24/6-8	Stranded after dragging anchor
ZHONG HUI	G/T 3,000	20-24/6-8	anchor fouling

이들 해양사고 중 기상악화로 인한 주요 후 좌초된 글로벌레저시호와 첩루 15호 사례에서 한계외력을 검토해 보았다.

Table 3은 글로벌 레저시호의 제원이며, 파주력 계산 조건은 재래형(ASS)형 앵커를 사용한 단묘박, 경하상태이고 앵커체인 8샤클, 기상조건은 파고 4m, 저질은 자갈(G)로 계산하였다.

Table 3 Equipment number and windage area of G/T 30K

Model ship		Remark
G/T (DWT)	30K (57K)	Sediment : Gravel
LOA / B / Draft	190 / 32.3 / 6.78	
Anchor weight	8.70	
Chain weight	3.263	
Projected area(AT/AL)	824.0 / 2334.77	

상기 조건으로 외력과 파주력을 평가해 본 결과 풍속이 13.1m/s에 이르면 파주력은 27.9ton, 외력은 27.6ton으로 주요 위험성이 있는 시점에 도달하게 되는 것을 알 수 있었고, 풍속이 13.1m/s를 초과하게 되면 주요가 발생하는 시점으로 파주력이 급격하게 떨어지게 되어, 당시 기상조건과 비교해 볼 때 선박은 보다 빨리 적극적으로 이에 대한 안전조치를 강화했어야 했으나 기관고장과 더불어 사고로 연결된 사례였다.

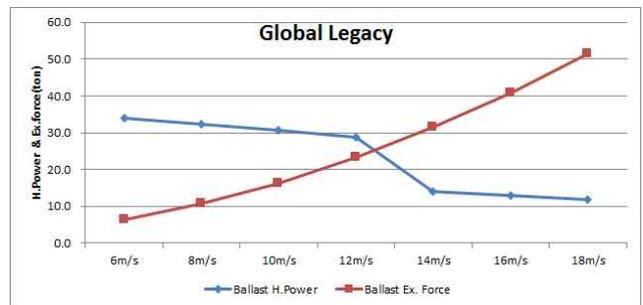


Fig. 1 Comparison holding power & external force of Global Legacy

포항항 정박지에서 2013년에 발생한 대표적인 주요사고로 첩루 15호의 경우 단묘박, 앵커는 재래형 앵커(ASS), 앵커체인을 8샤클 신출하는 조건으로 파주력을 계산하였고, 기상상태는 파

고 6m 값으로 외력을 산출한 결과이다.

Table 4 Equipment number and windage area of G/T 7K

Model ship		Remark
G/T (DWT)	8.3K (14K)	
LOA / B / Draft	139.0/21.0/11.4	
Anchor weight	4.62	
Chain weight	3.2	
Projected area(AT/AL)	425.6/989.6	

사고 당시의 해경 실측기상의 풍속은 20~24m/s이었으나 당시 선박의 한계풍속인 15.2m/s에 이르면 파주력이 17.0ton, 외력이 16.8ton으로 한계풍속 이상에서는 선박이 갖는 저항력은 파주 계수가 급격하게 떨어지므로 계산 값 또한 급격하게 감소하게 되었고, 한계풍속 15.2m/s에서 이미 주요 위험성이 있는 한계풍 속에 도달하였음을 알 수 있다.

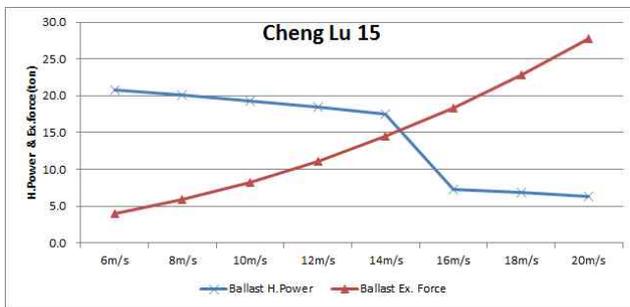


Fig. 2 Comparison holding power & external force of Cheng Lu15

### 3.3 외해 개방형 정박지 운영 사례

최근 기상악화로 인한 주묘가 발생하여 선박이 침몰하는 사고 발생한 포항항은 동해안에 위치한 대표적인 외해 개방형 정박지의 사례로 당시 포항항은 19개소의 지정정박지와 3개소의 겸역정박지, 총 22개소 정박지를 운영하고 있었다.

2014년 2월 1일부터 28일까지 1개월간 포항항 정박지에 투묘 시간부터 양묘시간까지 시간을 각 정박지 별로 정리한 선박들의 PORT-MIS 자료를 활용하였으며, 조사 기간 동안 총 403척이 포항항 정박지를 이용한 것으로 확인되었다. 포항항 정박지를 가장 많이 이용하는 선박 크기별로 G/T 1천~3천톤 사이의 선박으로 175척이 정박하였으며 그 비율은 전체의 43.4%를 차지하고, 그 다음으로 G/T 3천~1만톤급 이하 선박이 108척으로 전체의 26.8%를 차지하는 것으로 조사되었으며, 포항항 정박지에는 전체적으로 G/T 10K톤 이하의 선박이 86.3%를 차지하고 있는 것으로 조사되었다.

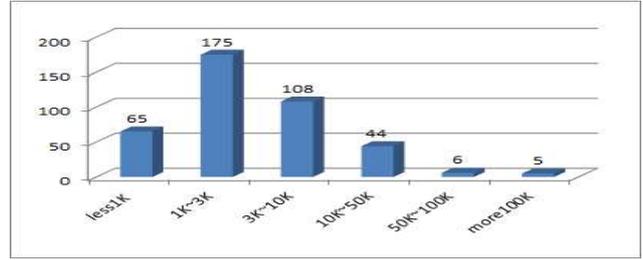


Fig. 3 Classified tonnage with anchored vessels

정박지별 점유 비율은 현재 고시된 정박지에 1척의 선박이 정박한다는 전제하에 산출된 값이며, 정박지별 1개월 동안 672시간정박 기준으로 점유비율을 산출하였다. 조사 결과 포항항의 22개소 지정 정박지 중 M-19에 1,100%이상의 점유율을 나타내었고, 그 다음으로 M-11에 1,000%이상의 점유율을 나타내었다. 조사기간 동안 정박지 이용선박의 일평균척수는 56.7척인 것으로 조사되었고, 각 정박지별로 일평균 한척 이상의 선박이 정박한 곳이 63.6%인 14개 정박지이며 특히, M-11과 M-19 정박지의 경우 일평균 척수가 10척이 넘는 것으로 조사되어 원활한 정박지 운영을 위하여 정박지 확충이 필요한 것으로 판단된다.

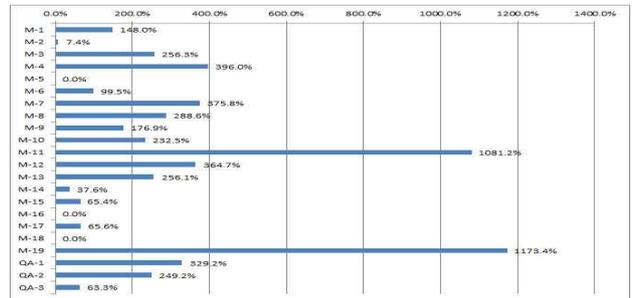


Fig. 4 Occupancy ratio of each specified anchorage

### 3.4 대상선박 선정

조사기간 동안 포항항 정박지를 이용하는 선박의 주종은 DWT 3K톤급(G/T 1천~3천)일반화물선이다. 전체적으로 볼 때 DWT10K(G/T 7K)톤급 이하의 선박이 약 80%를 차지하고 있어 대상선박은 DWT 3K, 5K, 7K, 14K톤급 선박으로 세분하고, 정박지를 이용하는 대형 선박은 점유비율은 낮게 조사되었으나, 포항항 정박지를 이용하고 있으므로 DWT 30K, 50K, 70K, 150K톤급 선박을 추가하여 선정하였다.

대상선박의 제원은 각 선박의 일반배치도(GA ; General Arrangement)를 참고하였고, DWT 50K급 대상선박의 GA는 Fig.5와 같이 제시하였으며, 대상선박의 앵커 및 앵커체인 의장수는 선박의 설계도면의 자료를 인용하였고, 일부 앵커체인의 중량이 누락된 도면은 한국선급 강선규칙 제4편 선체의장을 사용하였고, 외력계산을 위한 면적들은 일반배치도 상의 면적을 구하여 적용하였다.

Table 5 Target ship's particular

DWT (G/T)		LOA /LBP	Breadth	Draft	Projected area	
					AT	AL
150K (77K)	Full	270	43	17.6	676.05	2402.76
	Ballast	/260		8.8	1054.45	4778.76
70K (38K)	Full	229	32.3	14.62	699.36	1781.13
	Ballast	/222		7.31	935.18	3455.12
50K (30K)	Full	190	32.3	11.3	678.19	1476.02
	Ballast	/185		5.65	860.46	2549.46
30K (17K)	Full	177.5	28.2	9.5	415.5	954.15
	Ballast	/168		4.75	549.45	1797.27
14K (7K)	Full	136	21	8.4	317.01	650.96
	Ballast	/128.5		4.2	405.21	1222.16
8K (5K)	Full	113	18.2	7.31	194.14	506.56
	Ballast	/105.4		3.66	260.66	919.58
5K (3K)	Full	105.5	16.6	6.13	229	499.26
	Ballast	/98		3.07	279.88	822.61
3K (1K)	Full	87.3	14	5.815	189.39	349.05
	Ballast	/79.8		2.91	230.1	602.99

Table 6 Target ship's Equipment number

DWT	G/T	Anchor weight	Anchor Chain			
			weight /meter	Total length	Total weight	DIA (m/m)
150K	77K	12.08	0.21	743	153	97mm
70K	38K	11.10	0.15	686	99	78mm
50K	30K	8.70	0.12	633	75	73mm
30K	17K	6.90	0.10	605	58	64mm
14K	7K	4.59	0.06	550	33	52mm
8K	5K	3.48	0.06	495	28	50mm
5K	3K	4.59	0.07	495	33	52mm
3K	1K	2.10	0.04	440	17	40mm

\* unit : ton, meter

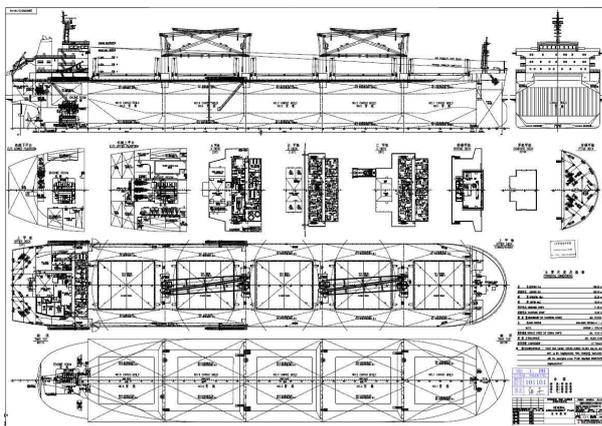


Fig. 5 Sample GA of Target ship 50K

#### 4. 정박지 안전성 검토결과

##### 4.1 대표선박 묘박안전성 검토

대표적인 외해개방형 정박지를 운영하고 있는 포항항을 입출항하는 선박들이 정박지를 이용할 때 대표선박 크기에 따른 한계외력을 계산하여 한계외력의 기준을 제시함으로써 정박지의 안전 확보와 효율적인 운영을 도모를 위함이다.

다음 Fig.6 ~ Fig.12는 대상선박들이 포항항 정박지에서 단묘박 상태에서의 파주력과 한계외력을 계산하여 비교한 그래프를 대상선박별로 구분하여 제시하였고, 기상환경 조건은 풍랑주의보의 기준이 되는 파고 3m상태로, 수심은 30m, 저질은 영일만 내부에는 MS(Mud and Sand)계열로 분포되어 있는 것으로 조사되어, 파주력 계산에 있어 보다 열악한 조건인 Sand로 전체하여 대상선박의 만재상태와 경하상태에서의 선박 크기별로 한계외력을 표시하였다.

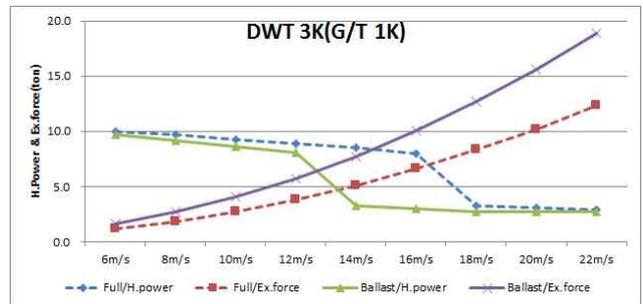


Fig. 6 Comparison holding and ext. force of DWT 3K

DWT 3K톤급 선박은 만재상태에서 17.3m/s, 경하상태에서 13.8m/s에서 한계풍속에 도달한 것으로 조사되었다.

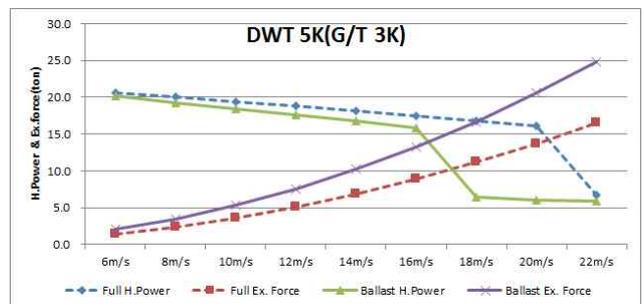


Fig. 7 Comparison holding and ext. force of DWT 5K

DWT 5K톤급 선박은 만재상태에서 21.4m/s, 경하상태에서 17.2m/s에서 한계풍속에 도달한 것으로 조사되어 조사 대상선박 중에서 정박 안전성이 가장 높은 것으로 조사되었다.

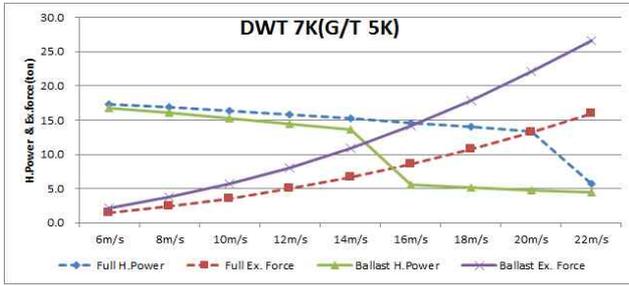


Fig.8 Comparison holding and ext. force of DWT 7K

DWT 7K톤급 선박은 만재상태에서 20.1m/s, 경하상태에서 15.3m/s에서 한계풍속에 도달한 것으로 조사되었다.

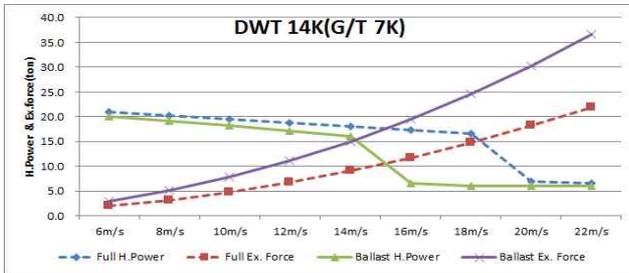


Fig.9 Comparison holding and ext. force of DWT 14K

DWT 14K톤급 선박은 만재상태에서 18.9m/s, 경하상태에서 14.4m/s에서 한계풍속에 도달한 것으로 조사되었다.

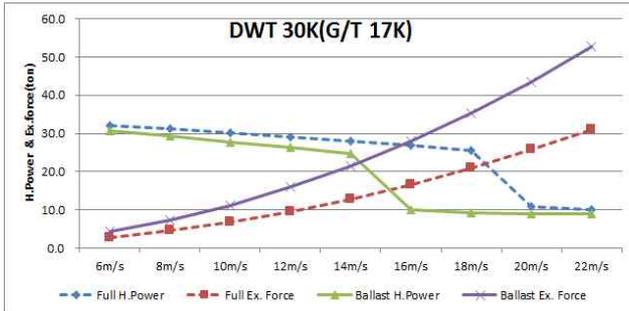


Fig.10 Comparison holding and ext. force of DWT 30K

DWT 30K톤급 선박은 만재상태에서 19.3m/s, 경하상태에서 14.7m/s에서 한계풍속에 도달한 것으로 조사되었다.

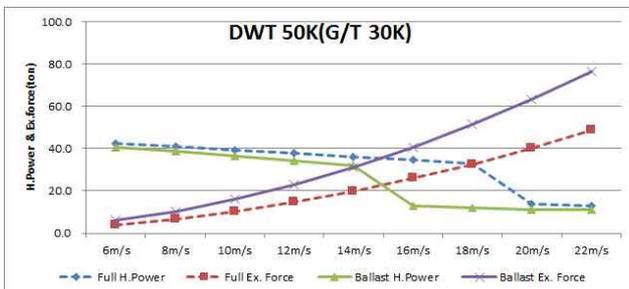


Fig.11 Comparison holding and ext. force of DWT 50K

DWT 50K톤급 선박은 만재상태에서 18m/s, 경하상태에서 14.1m/s에서 한계풍속에 도달한 것으로 조사되었다.

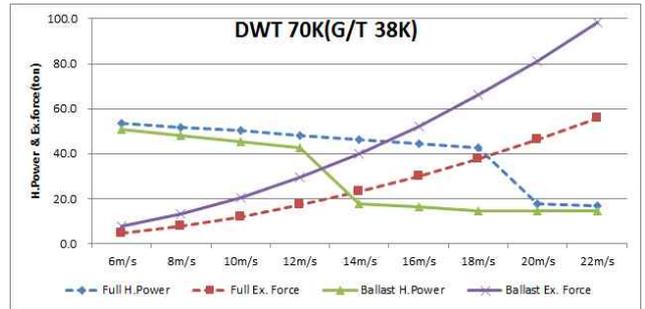


Fig.12 Comparison holding and ext. force of DWT 70K

DWT 70K톤급 선박은 만재상태에서 18.9m/s, 경하상태에서 13.9m/s에서 한계풍속에 도달한 것으로 조사되었다.

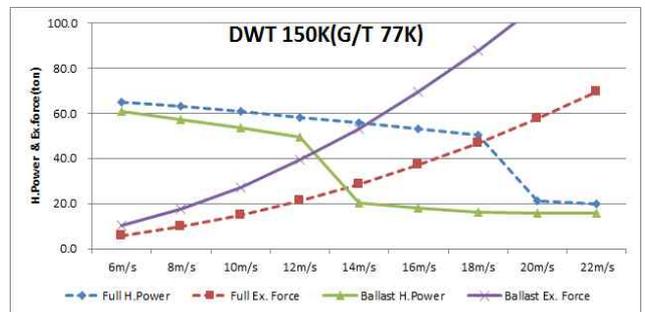


Fig.13 Comparison holding and ext. force of DWT 150K

DWT 150K톤급 선박은 만재상태에서 18.5m/s, 경하상태에서 13.1m/s에서 한계풍속에 도달한 것으로 조사되었다.

#### 4.2 선박크기별 한계외력 기준안

앞 절에서 도출된 선박크기별 한계외력을 토대로 저질 상태에 따른 정박지별 정박가능 선박 및 한계외력을 정리하였다.

앞 장에선 언급한 바와 같이 정박지별 저질 조사에 따라, 두 가지 저질이 함께 조사될 경우 파주력이 낮은 쪽의 저질을 사용하여 한계풍속을 도출하였으며, 영일만 내부 수역의 저질은 대부분이 MS계열로 한계풍속 산출기준은 파주력이 상대적으로 낮은 Sand의 값을 적용하였으며, 유속은 포항항의 최대 유속인 0.4knots로 산출하였다.

Table 7에서 보여주는 한계풍속은 만재상태에서 대상선박들의 한계풍속을 나타낸 기준표이며, 선박의 크기에 따라 차이는 있으나, 한계풍속은 풍랑주의보 풍속인 18m/s 주변에 분포되어 있음을 알 수 있었다.

Table 7 evacuation procedures of Full loading status

velocity	Target ship's
20m/s	DWT 5K(Full), DWT 7K(Full),
19m/s	DWT 30K(Full),
18m/s	DWT 14K(Full), DWT 50K(Full), DWT 70K(Full), DWT 150K(Full)
17m/s	DWT 3K(Full)

Table 8에서 보여주는 한계풍속은 경하상태에서 대상선박들의 한계풍속을 나타낸 기준표이며, 선박의 크기에 따라 차이는 있으나 한계풍속은 풍랑주의 발효되는 시점인 14m/s에 분포되어 있음을 알 수 있었다.

Table 8 evacuation procedures of Ballast status

velocity	Target ship's
17m/s	DWT 5K(Ballast),
15m/s	DWT 7K(Ballast),
14m/s	DWT 14K(Ballast), DWT 30K(Ballast), DWT 50K(Ballast),
13m/s	DWT 3K(Ballast), DWT 70K(Ballast), DWT 150K(Ballast)

Table 7.8의 순서는 각 해역별 조류 및 해저저질에 따라 다른 계산결과가 되나, 해안선이 단조로운 동해안 항만의 외해 개방형 정박지의 안전 확보와 운영효율을 향상시키기 위해 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

### 5. 결 론

해안선이 단조로운 동해안에 위치한 포항항 정박지는 외해와 접해있는 외해개방형 정박지로 기상악화 시 선박은 기상에 의한 외력에 직접적인 영향을 받는다. 포항항 정박지를 이용하는 대표선박 8척을 대상으로 만재상태와 경하상태에서 파주력과 외력을 산출하는 평형방정식을 이용하여 주요 발생가능성이 있는 한계외력을 일반화하여 제시하였고 이를 해양사고 사례에 적용함으로써 그 타당성을 검토하였으며 본 연구의 결과를 요약하여 정리하면 다음과 같다.

(1) 포항항 정박지를 이용 선박조사, 최근 해양사고 사례 조사 및 해저저질조사를 기반으로 하여 크기별로 대표선박 8척을 선정하여 각 선박의 앵커와 체인의장수를 적용하여 단묘박상태에서 파주력을 계산하였고, 대상선박의 만재상태와 경하상태에서 풍압면적 및 수면하 면적을 기초로 외력을 계산하여 한계풍속을 제시하였다.

(2) 대상선박별 저질별 한계풍속을 조사한 결과 선박크기별, 적재상태별로 다소 차이는 있으나, 선박이 단묘박상태를 전제로 풍랑주의보 기준 유의파고인 3m조건하에서 만재상태의 경우 18.0m/s~21.4m/s, 경하상태인 경우 13.1m/s~17.2m/s 전후에서 주요가 발생할 수 있음이 확인되었다.

(3) 본 연구에서는 선박크기별로 대표선박을 선정하여 계산결과로 제시하였으나, 향후 표본선박을 더욱 다양하게 조사하여

한계외력에 대한 기준 개선 등에 대한 후속연구가 필요할 것으로 사료된다.

(4) 또한, 동해안에 위치한 항만의 정박지는 외해와 접하고 있는 지형적인 특성으로 인하여 태풍이나 풍랑특보 발효 될 경우 정박지 안전성 확보에 취약하여 관제센터에서는 정박선박의 안전 확보를 위하여 세심한 주의를 기울여야 하며, 기상 상황에 따라 대상선박의 안전조치 및 대피 순서를 제시하였다.

### 후 기

이 연구는 포항지방해양항만청 포항항 정박지 실태조사 및 개선방안 연구용역 과제의 지원에 의해 수행되었음.

### References

- [1] Hirano(1995), "The Application of Maneuvering Study to Ship's Design", The Society of Naval Architecture of Japan, pp. 48-50
- [2] Jung, C. H, Lee, Y. C, Kim, J, S, Kong, G, Y(2011) "A Study on the Holding Power Coefficient of AC-14 type and ASS type Anchor in Actual Ships", Journal of Navigation and Port Research, Vol35, No.8 pp. 613-618
- [3] Korea Register(2013), "Steel Hull Regulation Chapter 4 Equipment Number and Fittings
- [4] Lee. Y. S. "A Study on the Anchoring Safety Assessment of E-Group Anchorage in Ulsan Port", Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol 20, No.2, pp. 172-178.
- [5] Lee. Y. S., Y. C. Jung, S. W. Kim, J. H. Yun, S. H. Bae, P. H. Nguyun(2005), A Study on the Limit of Anchor Dragging for ship at Anchor(I), Journal of Korean Navigation and Port Research, Vol. 29 No. 5, pp. 357-363.
- [6] Pohang Vessel Traffic Service Center, Report for dragging anchor accident 2009-2013.
- [7] Remery(1973) "The Mean Wave and Current Forces of Offshore Structures and their Role in the Design of Mooring Systems", The 5<sup>th</sup> Offshore Technology conference, Houston, USA, pp. 57-61.
- [8] Yoon. J. D.(2013), Theory and Practice of Ship Handling 2013 Edition. pp. 1-6.

Received 28 January 2015  
 Revised 17 March 2015  
 Accepted 20 March 2015