

## 선박 주요 위험성 판별 프로그램 개발에 관한 연구

김주성\* · 박준모\*\* · 정창현\*\*†

\*, \*\* 목포해양대학교 항해학부

## The Development of the Anchor Dragging Risk Assessment Program

Joo-Sung Kim\* · Jun-Mo Park\*\* · Chang-Hyun Jung\*\*†

\*, \*\* Division of Navigation Science, Mokpo National Maritime University

**요 약** : 선박의 대형화와 기상 이변 등으로 인한 정박 중 주요 사고는 꾸준히 발생하고 있으나 선박에서는 실제 파주력과 외력의 계산이 복잡하고 번거로워 경험에 의존하고 있다. 이에 본 연구에서는 본선의 선원과 해상교통관제사가 주요 위험성을 사전에 판단하여 적절한 조치를 취하거나 정보를 제공할 수 있도록 주요 위험성 계산 프로그램을 개발하고 이를 검증하였다. 본 프로그램에서는 선박의 풍압력, 마찰력, 표류력, 파주력 등 계산 과정에 필요한 입력 요소들을 사용자가 최대한 손쉽게 입력할 수 있도록 선박의 기본 제원, 정박 상태, 외력 환경 등으로 구성하였다. 기존에 발생한 주요 사례 3건을 주요 위험성 계산 프로그램에 적용하여 계산한 결과 A선박은 풍속 32 knots(16 m/s), B선박은 풍속 40 knots(21 m/s), 그리고 C선박은 35 knots(18 m/s)에서 'warning'으로 평가되었다. 이는 주요 선박의 주요 당시의 풍속과 매우 근접한 값에 해당되어 프로그램의 높은 신뢰성을 보여주었다. 향후 추가적인 주요 사례를 통한 프로그램의 신뢰성 향상과 기상요소의 자동 입력을 통한 실시간 계산 및 전자해도표시장치와의 연동을 통한 기능 확장이 요구된다.

**핵심용어** : 주요, 파주력, 외력, 주요 위험성 계산 프로그램, 자동 입력

**Abstract** : Marine accidents caused by dragging anchors occur constantly due to enlargement of ships' size and unusual weather conditions. Nevertheless, vessel operators rely on their experience because the calculations of actual holding power and external forces are complex and inconvenient. The purpose of this study was to propose a program for the anchor dragging risk assessment in order to provide crew and VTSO with the information to determine easily the danger of dragging and take appropriate action. The input data in this program were composed of the ship's basic particulars, anchoring condition, and external environment etc. on calculating for the wind pressure, frictional force, drift force, and holding power. Three dragging anchor accidents were applied to the program's data input at the time of the day, then the result was assessed by 'warning', which was verified with a high confidence. As a result, the risk of dragging anchors can be predicted in advance through this program. In further studies, it is necessary to simplify the input data and improve user convenience through automatic input from various equipment.

**Key Words** : Dragging anchor, Holding power, External forces, Anchor dragging risk assessment, Automatic input

## 1. 서 론

태풍 또는 기상 이변으로 인한 돌풍 등으로 정박중인 선박이 끌려 좌초되거나 타 선박과의 충돌사고가 빈번히 발생되고 있다. 2003년 태풍 매미의 영향으로 마산항 등 진해만 주변에서 발생한 해양사고는 총 62척이며, 이 중 침몰 8척을

제외한 좌초 및 좌안 32척 그리고 충돌 및 접촉 22척은 모두 주요가 발생되어 유발된 사고라고 할 수 있다(Masan Regional Office of Oceans and Fisheries, 2003). 또한 2013년 태풍 위파로 인한 포항항에서의 화물선 A호의 방파제 접촉/침몰사고(Korea Maritime Safety Tribunal, 2017), 2016년 강풍으로 인한 부산 남항에서의 자동사운반선 B호의 좌초사고 등도 주요로 인한 사고이다(JoongAng Ilbo, 2016).

Jung and Kong(2009a; 2009b)은 A호의 묘박 지침 개발에 관한 연구에서 외력과 파주력을 수치적으로 계산하여 외력의 크기에 따른 주요 시점을 제시하였으며, 실선계측을 통한 묘박중인 선박의 풍압력 적용에 관한 연구에서는 스윙현상

\* First Author : jskim@mmu.ac.kr, 061-240-7193

† Corresponding Author : hyon@mmu.ac.kr, 061-240-7182

※ 이 논문은 “주요 사례를 통한 주요 위험성 판단 프로그램 검증”이란 제목으로 2018년도 해양환경안전학회 공동국제학술발표회(송도컨벤시아, 2018.06.21.-22, p. 148)에 발표되었음.

## 선박 주요 위험성 판별 프로그램 개발에 관한 연구

이 발생할 경우에는 정면풍압면적의 2배 적용을 주요 사례를 통해 확인하였다. 또한 Jung et al.(2011)은 주요 사례를 통한 AC-14형과 ASS형 앵커의 파주계수 비교에 관한 연구에서는 두 형태의 앵커를 각각 장착한 실선의 주요 사례를 통해 해저 저질에 따른 파주계수를 확인하였다.

하지만 이러한 연구에서는 실선의 주요 사례를 통해 기존의 이론식을 검증하고 묘박 안전성을 수치적으로 계산하였으나, 묘박중인 상황에서 대부분의 항해사 및 선장은 기상 변화에 따른 선박의 주요 가능성에 대해 경험에 의존할 뿐 이론식을 적용하여 계산을 수행하기 힘든 상황이어서 앵커가 끌릴 때까지 주요 위험성에 대해 파악하기 어려운 상황이다. 또한 VTS 관제사도 정박지의 선박들 중 어떤 선박이 주요에 취약한 상황인지 판단하기 어려운 상황에서 선박이 주요 되어 이동하거나 상대선박과의 근접거리가 가까워지고 있는 상황을 통해 주의를 발견하게 되므로 시간적으로 대처가 어려운 실정이다.

따라서 강풍이 예상되거나 외력이 점점 강해지고 있는 상황에서 이용자가 주요 위험성을 손쉽게 판단할 수 있도록 기존의 연구를 바탕으로 주요 위험성 판단 프로그램을 개발하였으며, 실제 주요 사례를 통하여 본 프로그램을 검증하였다.

## 2. 주요 위험성 판별 프로그램

### 2.1 외력 평가 모델링

정박중인 선박에 작용하는 외력으로는 바람에 의한 수면 상부에 작용하는 풍압력, 수면에 선체 표면에 작용하는 유체의 마찰력 그리고 파도의 충격에 의한 표류력의 총합으로 계산되고, 이에 대응하는 파주력으로는 앵커와 앵커체인의 파주력의 합으로 계산된다.

#### 1) 풍압력

풍압력 계산은 식(1)과 같고, 정면 풍압계수는 Fujiwara et al. (1998) 풍동실험 결과를 적용하였다.

$$F_W = \frac{1}{2} \rho_a C_a A_T V_a^2 \times \frac{1}{1000} \quad (1)$$

여기서,  $F_W$  : 풍압력( $t \cdot f$ ),  $\rho_a$  : 공기밀도( $kg \cdot sec^2/m^4$ ),  
 $C_a$  : 정면 풍압계수,  $A_T$  : 정면 풍압면적( $m^2$ ),  
 $V_a$  : 풍속( $m/s$ )

그리고 정면 풍압면적은 Fig. 1과 같이 개발된 프로그램에서 수면상부 구조물의 폭과 높이로 개략적으로 계산할 수 있으며(직접 입력 가능), 강풍 시에는 스윙현상으로 인하여 정면 풍압면적의 2배를 적용하므로 정면 풍압면적 계산 시 선택할 수 있도록 구성하였다(Jung and Kong, 2009a).

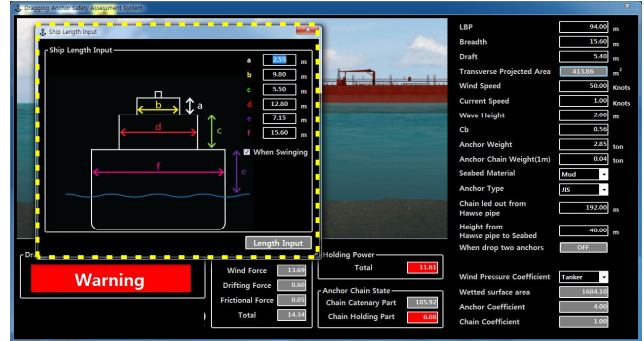


Fig. 1. Transverse projected area.

#### 2) 마찰력

마찰력의 계산은 식(2)와 같고, 마찰저항계수는 Reynold number에 따른 Schoenherr 곡선 및 IITC 1957 모형선-실선 상관곡선을 이용하였다.

$$F_C = \frac{1}{2} \rho_w C_f S V_w^2 \times \frac{1}{1000} \quad (2)$$

여기서,  $F_C$  : 마찰저항( $t \cdot f$ ),  $\rho_w$  : 해수밀도( $kg \cdot sec^2/m^4$ ),  
 $C_f$  : 마찰저항계수,  $S$  : 침수표면적( $m^2$ ),  
 $V_w$  : 유속( $m/s$ )

그리고 침수표면적(S)은 식(3)과 같이 계산되어 식(2)에 적용된다.

$$S = (1.7d + C_b \cdot B) L \quad (3)$$

여기서,  $d$  : 흘수( $m$ ),  $C_b$  : 방형비척계수,  
 $B$  : 선폭( $m$ ),  $L$  : 수선간장( $m$ )

#### 3) 표류력

표류력의 계산은 식(4)와 같고, 표류계수는 파향을 고려한 파장/선박길이( $\lambda/L$ )에 따른 정면 표류계수 적용, 그리고 불규칙파에 대한 유의파고를 고려하였다(Hirano, 1995; Remery, 1973).

$$F_D = \frac{1}{2} \rho_w C_w g L h_c^2 \times \frac{1}{1000} \quad (4)$$

여기서,  $F_D$  : 표류력( $t \cdot f$ ),  $\rho_w$  : 해수밀도( $kg \cdot sec^2/m^4$ ),  
 $C_w$  : 표류계수,  $g$  : 중력가속도( $m/sec^2$ ),  
 $L$  : 수선간장( $m$ ),  $h_c$  : 파 진폭( $m$ )

#### 4) 파주력

파주력의 계산은 식(5)와 같고, 앵커 및 앵커체인을 파주계수는 Table 1과 같다.

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

여기서,  $P_T$  : 앵커와 체인의 총 파주력( $t \cdot f$ )  
 $P_a$  : 앵커의 파주력( $t \cdot f$ ),  $P_c$  : 체인의 파주력( $t \cdot f$ )  
 $\lambda_a$  : 앵커의 파주계수,  $\lambda_c$  : 체인의 파주계수  
 $w_a$  : 앵커의 중량( $t$ ),  $w_c$  : 체인의 수중중량( $t$ )  
 $l$  : 해저에 깔린 체인의 길이( $m$ )

Table 1. Holding power coefficient with seabed

	mud	sand	gravel	rock	dragging
$\lambda_a$ (AC-14)	10	8	8	2.5	2
$\lambda_a$ (JIS)	4	3.5	3	2	1.5
$\lambda_c$	1	1	0.8	0.8	0.5

#### 5) 현수부 및 파주부 길이

현수부의 길이 계산은 식(6)과 같고, 파주부의 길이는 식(7)과 같다.

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

여기서,  $h$  : 묘쇄공에서 해저까지의 높이( $m$ )  
 $w_c$  : 1m에 해당되는 체인의 수중무게( $t$ )  
 $H$  : 외력에 의해 체인에 작용하는 장력( $t \cdot f$ )

$$l = F - S \quad (7)$$

여기서,  $F$  : 체인의 총 신출길이  
 $S$  : 현수부의 길이

#### 2.2 주요 판별 절차

주요 위험성을 판단하기 위한 계산 과정은 Fig. 2와 같다. 우선 외력의 총합을 계산한다(total external forces). 그리고 외력에 따른 파주부의 길이를 계산하고(holding part), 앵커 및 파주부 길이에 따른 체인의 파주력 총합을 계산한다(total holding power). 마지막으로 외력과 파주력의 총합을 상호 비교한다.

주요의 위험성이 있다고 판단되는 경우는 외력의 합이 파주력의 합보다 큰 경우 그리고(또는) 앵커 체인의 파주부 길이가 5미터 미만인 경우이다. 파주부의 길이가 5미터 미만인 경우에는 약천후로 인한 선체의 상하운동으로 현수부에 해당되는 체인이 흔들리면서 앵커의 파주력에 영향을 줌으로써 파주력이 급격히 감소될 수 있기 때문이다(Jung et al., 2009).

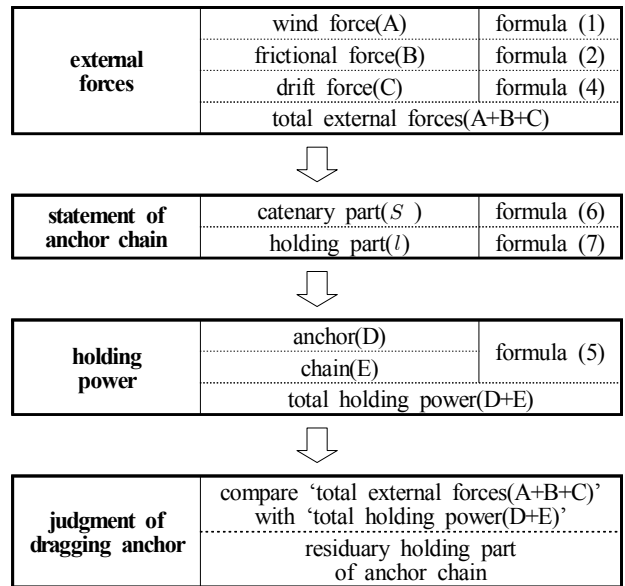


Fig. 2. Procedures of calculation.

#### 2.3 입력요소 결정

주요 위험성 판단 프로그램은 본 계산 과정에 필요한 입력요소를 항해사, 선장, VTS 관제사(단, VTS에서 활용하고자 할 경우에는 관련 정보가 공유되어야 함) 등 사용자가 최대한 손쉽게 찾아서 입력할 수 있도록 구성하였다.

Table 2는 본 프로그램의 시작화면에서 주요 위험성을 계산하기 위해 입력해야만 하는 항목이다. 가장 우선적으로 선종을 선택해야 하는데 ‘wind pressure coefficient’를 클릭하여 선종을 선택하면 풍압계수가 선택된다. 그리고 ‘transverse projected area’는 Fig. 1에서와 같이 수면상부 구조물의 폭과 높이로 쉽게 계산이 가능하다. 또한 풍속 및 유속은 ‘knot’로 입력하면 ‘m/s’ 단위로 환산되어 계산식에 적용되도록 구성하였으며, 파진폭 및 앵커체인의 수중무게 등도 환산되어 계산식에 적용되도록 편의성을 추구하였다.

## 선박 주요 위험성 판별 프로그램 개발에 관한 연구

Table 3 및 Table 4는 이론 계산과정에서 필요한 항목이지만 사용자가 입력요소를 찾지 않아도 되는 항목이다. Table 3은 Table 2의 입력요소를 입력함으로써 중간 계산과정에서 정해지는 값이며, Table 4는 모든 선박에게 동일하게 적용되는 값으로 프로그램에 처음부터 반영된 값이다.

Table 2. Input data

input data	value	unit
wind pressure coefficient		-
LBP		m
breadth		m
draft		m
transverse projected area		m <sup>2</sup>
wind speed		knot
current speed		knot
wave height		m
C <sub>b</sub>		-
anchor weight		ton
anchor chain weight(1m)		ton
seabed material	Sand or Mud	
anchor type	AC-14 or JIS(ASS)	
chain led out from hawse pipe		m
height from hawse pipe to seabed		m

Table 3. Fixing data during calculation

fixing data during calculation	value	unit
wetted surface area		m <sup>2</sup>
anchor coefficient	AC-14 and Mud: 8 AC-14 and Sand: 7 JIS and Mud: 4 JIS and Sand: 3.5	
chain coefficient	Mud: 1 Sand: 0.8	
chain catenary part		m
chain holding part		m

Table 4. Fixed data

fixed data	value	unit
air density	0.125	kg·sec <sup>2</sup> /m <sup>4</sup>
water density	104.6	kg·sec <sup>2</sup> /m <sup>4</sup>
frictional resistance coefficient	0.002	-
wave drifting coefficient	0.1	-
gravitational acceleration	9.8	m/s

### 2.4 프로그램 개발

주요 위험성 판단 프로그램은 Fig. 3에서와 같이 우측 접선으로 표시된 입력창(Table 2 항목)과 중간 계산과정에서 정해지는 입력값(Table 3) 및 외력과 파주력의 총합이 하단부에 표시된다.

우측의 입력값을 입력함으로써 하단부의 중간 계산값들이 실시간으로 계산되며, 이를 바탕으로 본 화면에 체인의 현수부 및 파주부 길이를 보여주고 주요 위험성을 최종 판정하여 ‘Safe’ 또는 ‘Warning’으로 표시된다.

Fig. 4에서와 같이 주요 위험성이 있다고 판정되는 경우에는 파주력의 크기, 파주부 길이와 함께 ‘Warning’이 빨간색으로 표시되어 식별이 용이하도록 표현하였다.

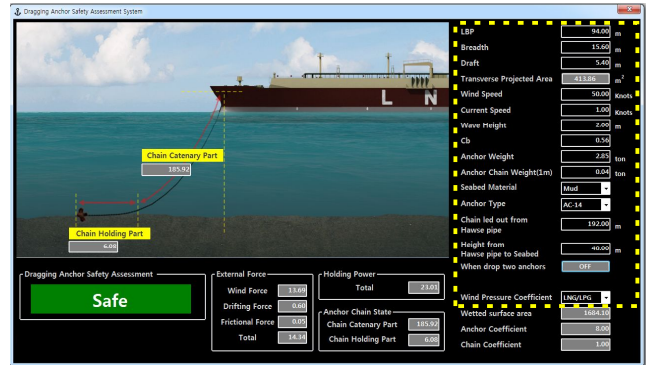


Fig. 3. Developed dragging discrimination program (in case of safe).

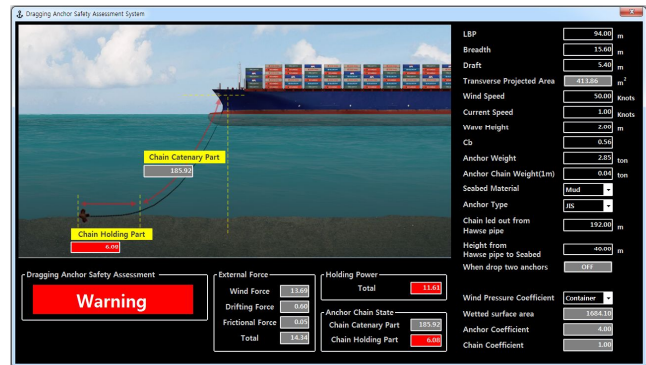


Fig. 4. Developed dragging discrimination program (in case of warning).

## 3. 프로그램 검증

주요 위험성 판단 프로그램의 검증을 위해 해양안전심판원의 재결서를 통한 주요사고 2건과 실습선의 실제 주요사례 1건의 데이터를 이용하였다. 선박의 체원은 사고 재결서와 선사에서 제공한 데이터를 사용하였으며, 기상 상황은 재결서 및 국립해양조사원의 사고 당시 해양환경 데이터를 바탕으로 재구성하였다. 기상 조건과 선박의 정박 상태, 선박 체원과 묘쇄 신출 상태를 입력하여 대항력인 파주력과 관계를 분석하였다(Korea Maritime Safety Tribunal, 2018; Korea Hydrographic and Oceanographic Agency, 2018).

Table 5는 주요 위험성 판단 프로그램의 입력값에 따른 선박의 주요 체원과 주요 당시의 외력 조건을 나타낸 것이다.

Table 5. input data including general particulars of target vessels

input data	vessel A	vessel B	vessel C	unit
LBP	80.00	104.00	162.00	meter
breath	15.00	17.80	25.00	meter
draft	4.50	5.40	9.35	meter
transverse projected area*	500	600	1,130	m <sup>2</sup>
wind speed	29~33(15~17)	43(22)	27~35(14~18)	knot(m/s)
current speed	1.0	0.5	1.5	knot
wave height	2.5	3.0	3.5	meter
C <sub>b</sub>	0.712	0.552	0.820	-
anchor weight	2.400	2.475	5.900	ton
anchor chain weight(1meter)	0.040	0.046	0.090	ton
seabed material	sand and mud	mud	sand and mud	-
anchor type	JIS(ASS)	AC-14	JIS(ASS)	-
chain led out from hawse pipe	165.0	220.0	137.0	meter
height from hawse pipe to seabed	53.0	61.0	27.0	meter
vessel type (wind pressure coefficient)	chemical tanker	training ship	bulk carrier	-

\* transverse projected area applied 2 times due to the ship swinging.

대상선박 A는 총톤수 2,500톤급 케미컬 운반선으로 울산항 E-2 정박지에 단묘박으로 묘쇄를 6 shackle 신출된 상태에서 최대풍속 15~17 m/s에서 주묘되어 정박 중이던 다른 선박과 충돌하였다.

대상선박 B는 총톤수 6,700톤급 실습선으로 Fig. 5에서와 같이 부산항 남항 N-5 정박지에 단묘박으로 묘쇄를 8 shackle 신출된 상태에서 최대 풍속은 22 m/s에서 주묘 되었으며(Jung et al., 2009), 대상선박 C는 16,000톤급 일반화물선으로 부산항 인근에서 묘쇄를 5 shackle 신출된 상태에서 최대풍속 14~18 m/s에서 주묘되어 이기대 앞 수중 암초지대에 좌초하였다.

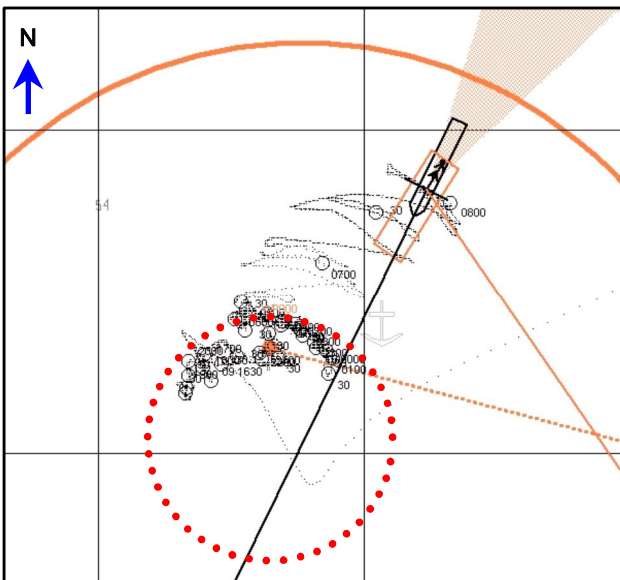


Fig. 5. Traces of dragging anchor (HANBADA).

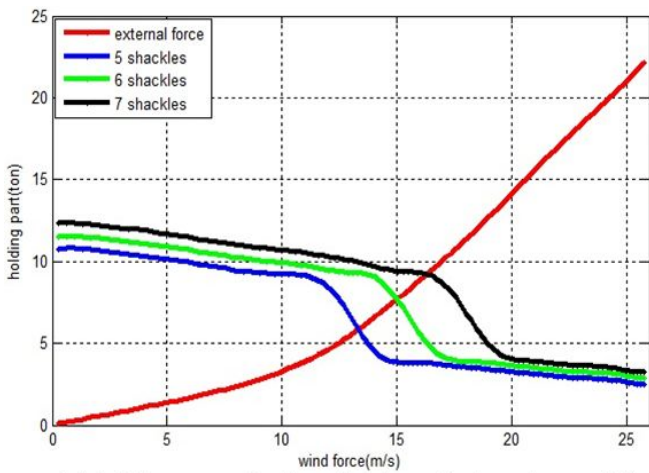
주묘 위험성 판단 프로그램을 이용하여 주묘가 발생한 3척의 선박에 대해 Table 5의 입력값을 입력해서 계산한 결과 A선박은 풍속 32 knots(16 m/s), B선박은 풍속 40 knots(21 m/s), 그리고 C선박은 35 knots(18 m/s)에서 ‘warning’으로 평가되었다. 이는 Table 5에서 제시된 주묘 선박의 주묘 당시의 풍속과 매우 근접한 값에 해당되어 프로그램의 높은 신뢰성을 보여준다.

Table 6과 Fig. 6은 풍속의 변화에 따른 주묘 당시에 신출된 체인의 길이와 그 전·후 단계의 체인 신출을 가정한 상황에서의 파주력과 파주부의 변화를 본 프로그램을 이용하여 산출한 것이다. 주묘의 발생은 전술한 바와 같이 외력의 합이 파주력의 합보다 큰 경우 그리고(또는) 앵커 체인의 파주부 길이가 5미터 미만인 경우이다. 따라서 주묘 위험성 판단 프로그램은 선박에 작용하는 외력과 파주력 곡선이 교차하는 지점 이후 또는 파주부가 5미터 미만으로 감소하는 지점부터 주묘의 위험성을 ‘warning’으로 표시하게 된다.

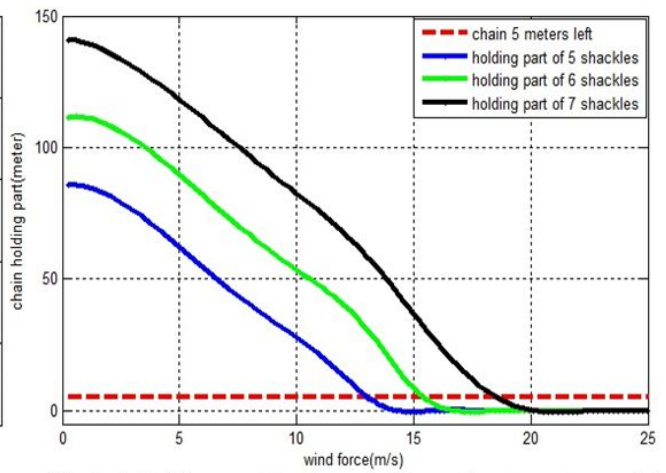
Table 6. Calculation result from the program

cases	chain led out (shackle)	wind speed(m/s) at external force exceed holding power	wind speed(m/s) at holding part 5 meters remain
target vessel A	5	13.33	13.08
	<b>6</b>	<b>15.01</b>	<b>15.46</b>
	7	16.31	18.58
target vessel B	7	19.51	18.93
	<b>8</b>	<b>21.76</b>	<b>21.79</b>
target vessel C	9	24.03	25.87
	4	14.82	14.50
	<b>5</b>	<b>17.30</b>	<b>18.71</b>
	6	18.03	22.81

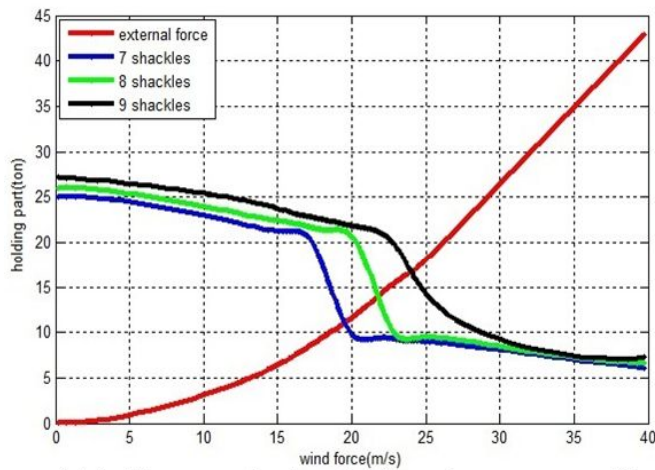
선박 주요 위험성 판별 프로그램 개발에 관한 연구



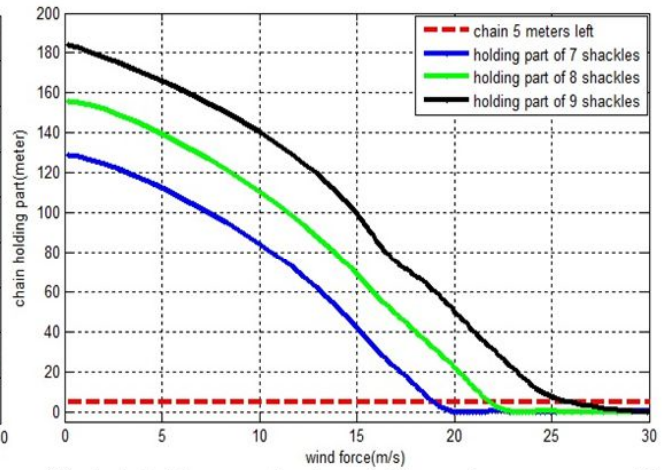
(a) holding power by the wind force for target vessel A



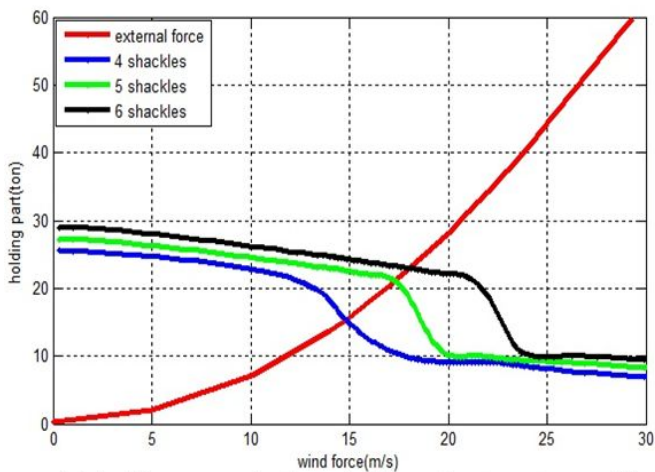
(b) chain holding part by the wind force for target vessel A



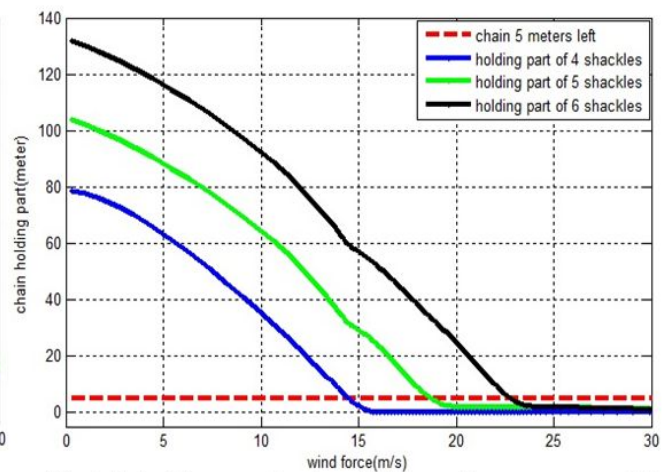
(c) holding power by the wind force for target vessel B



(d) chain holding part by the wind force for target vessel B



(e) holding power by the wind force for target vessel C



(f) chain holding part by the wind force for target vessel C

Fig. 6. Variation of Ship's holding power and chain according to wind forces.

시뮬레이션 결과, 대상 선박 A는 묘쇄를 5 shackle 신출하였을 때 풍속 13.08 m/s에서 파주부가 5미터 미만으로 감소하기 시작하였으며, 풍속 13.33 m/s에서 외력과 파주력이 교차하는 지점이 나타났다. 주요 당시의 상황인 신출 묘쇄 6 shackle에서는 풍속 15.01 m/s에서 외력과 파주력이 교차하는 지점이 나타났으며, 풍속 15.46 m/s에서 파주부가 5미터 미만으로 감소하기 시작하였다. 그리고 묘쇄 7 shackle 상황에서는 풍속 16.31 m/s에서 외력과 파주력이 교차하는 지점이 나타났으며, 풍속 18.58 m/s에서 파주부가 5미터 미만으로 감소하기 시작하였다. 주요 당시 정박지의 풍속이 15~17 m/s 이었던 것을 감안하면 선박에서 묘쇄를 6 shackle을 신출한 경우 주요 위험성 프로그램에서는 'warning'으로 표시된다.

대상 선박 B는 묘쇄를 7 shackle 신출하였을 때 풍속 18.93 m/s에서 파주부가 5미터 미만으로 감소하기 시작하였으며, 풍속 19.51 m/s에서 외력과 파주력이 교차하는 지점이 나타났다. 주요 당시의 상황인 신출 묘쇄 8 shackle에서는 풍속 21.76 m/s에서 외력과 파주력이 교차하는 지점이 나타났으며, 풍속 21.79 m/s에서 파주부가 5미터 미만으로 감소하기 시작하였다. 그리고 묘쇄 9 shackle 상황에서는 풍속 24.03 m/s에서 외력과 파주력이 교차하는 지점이 나타났으며, 풍속 25.87 m/s에서 파주부가 5미터 미만으로 감소하기 시작하였다. 주요 당시 정박지의 최대풍속이 22 m/s이었던 것을 감안하면 선박에서 묘쇄를 8 shackle을 신출한 경우 주요 위험성 프로그램에서 'warning'으로 표시된다.

대상 선박 C는 묘쇄를 4 shackle 신출하였을 때 풍속 14.50 m/s에서 파주부가 5미터 미만으로 감소하기 시작하였으며, 풍속 14.52 m/s에서 외력과 파주력이 교차하는 지점이 나타났다. 주요 당시의 상황인 신출 묘쇄 5 shackle에서는 풍속 17.30 m/s에서 외력과 파주력이 교차하는 지점이 나타났으며, 풍속 18.71 m/s에서 파주부가 5미터 미만으로 감소하기 시작하였다. 그리고 묘쇄 6 shackle 상황에서는 풍속 18.03 m/s에서 외력과 파주력이 교차하는 지점이 나타났으며, 풍속 22.81 m/s에서 파주부가 5미터 미만으로 감소하기 시작하였다. 주요 당시 정박지의 풍속이 15~18 m/s 이었던 것을 감안하면 선박에서 묘쇄를 5 shackle을 신출한 경우 주요 위험성 프로그램에서 'warning'으로 표시된다.

#### 4. 결 론

정박 중 선박의 주요 여부 판단은 해양 사고 예방을 위한 필수 과정이다. 선박의 주요는 충돌 및 좌초 등의 사고를 야기하며, 인명의 손실 및 해양 오염의 원인이 될 수 있다. 그러나 기존 실무에서의 주요 여부 판단은 개략적인 이론식의 적용이나 선원의 경험에 의존하는 등 그 위험성을 사전에

정확히 판단하기 어려웠으며, 실제 주요가 발생한 후에야 이를 감지하는 등 많은 문제점이 있었다.

본 연구에서는 선박의 항해사나 VTS 관제사가 정박 중인 선박의 주요로 인한 해양 사고를 사전에 예방할 수 있도록 현장의 외력 환경을 고려하여 주요 위험성을 손쉽게 판단할 수 있는 주요 위험성 판단 프로그램을 개발하였으며, 실제로 주요가 발생된 3척의 사례를 통하여 프로그램의 신뢰성을 검증하였다. 주요 당시의 기상 조건과 선박의 상태, 선박의 체인과 묘쇄 신출 상태를 입력하여 계산한 결과 A선박은 풍속 32 knots(16 m/s), B선박은 풍속 40 knots(21 m/s), 그리고 C선박은 35 knots(18 m/s)에서 'warning'으로 평가되었다. 이는 주요 선박의 주요 당시의 풍속과 매우 근접한 값에 해당되어 프로그램의 높은 신뢰성을 보여주었다.

개발된 주요 위험성 판단 프로그램을 활용할 경우 강풍에 의한 주요 위험성을 사전에 손쉽게 파악할 수 있으므로 정박 중인 선박이나 VTS에서는 주요로 인한 좌초 사고 예방이 가능할 것으로 기대된다.

향후 추가적인 주요 사례를 통한 다양한 연구와 풍속, 유속 등의 외력 요소를 측정 장비로부터 직접 실시간으로 수신하여 주요 위험성을 실시간으로 보여주고, 전자해도표시 장치와의 연동을 통한 기능 확장이 요구된다.

#### 사 사

본 결과물은 교육부와 한국연구재단의 재원으로 지원을 받아 수행된 사회맞춤형 산학협력 선도대학(LINC+) 육성사업의 연구결과입니다.

#### 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] Hirano, M.(1995), The Application of Maneuvering Study to Ship's Design, The Society of Naval Architecture of Japan, pp. 48-50.
- [3] JoongAng Ilbo(2016), <https://news.joins.com/> (Accessed Aug 2018).
- [4] Jung, C. H. and G. Y. Kong(2009a), A Study for the Evaluation of the Force by the Wind on the Ship at Anchoring, Journal of the Korean society of marine environment & safety, Vol. 15, No. 3, pp. 223-228.
- [5] Jung, C. H. and G. Y. Kong(2009b), A Study on the development of anchoring manual for T.S. HANBADA, Journal of the Korean society of marine environment &

safety, Vol. 15, No. 1, pp. 49-55.

- [6] Jung, C. H., G. Y. Kong, B. D. Bae and Y. S. Lee(2009), Analysis on the Pattern of Dragging Anchor in Actual Ship, Journal of Korean Navigation and Port Research, Vol. 33, No. 8, pp. 505-511.
- [7] Jung, C. H., Y. S. Lee, J. S. Kim and G. Y. Kong(2011), A Study on the Holding Power Coefficient of AC-14 type and ASS type Anchor in Actual Ships, Journal of Korean Navigation and Port Research, Vol. 35, No. 8, pp. 613-618.
- [8] Korea Hydrographic and Oceanographic Agency(2018), Marine Information, <http://www.khoa.go.kr/> (Accessed Aug 2018).
- [9] Korea Maritime Safety Tribunal(2018), Official Written Verdicts, <http://www.kmst.go.kr/> (Accessed Aug 2018).
- [10] Korea Maritime Safety Tribunal(2017), Case and study from Major Marine Accidents, pp. 168-175.
- [11] Masan Regional Office of Oceans and Fisheries(2003), marine accident statistics, pp. 30-34.
- [12] Remery, G. F. M.(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.

---

Received : 2018. 09. 27.

Revised : 2018. 10. 11.

Accepted : 2018. 10. 26.