

실습선 한바다호의 계류력 추정연구

서대원* · 오정근**†

*, ** 군산대학교 교수

A Study on the Estimation of Mooring Force of the T/S HANBADA

Dae-Won Seo* · Jungkeun Oh**†

*, ** Professor, Dept. of Naval Architecture and Ocean Engineering, Kunsan National University, Kunsan 54150, Korea

요약 : 스마트 항만시스템을 구축하기 위해서는 무엇보다 선박을 자동으로 계류시킬 수 있는 시스템이 요구된다. 항만의 자동계류시스템의 허용 계류력을 산정하기 위해서는 선박의 특성을 고려하고, 해양환경적 외란으로 부터 발생된 외력을 정확히 계산해야 한다. 이러한 환경적 외란의 크기를 정확히 추정하는 것은 자동계류장치 설계를 위해서 매우 중요한 요소이다. 본 연구에서는 항만 및 어항 설계기준에 따라 한바다호에 대한 계류력을 추정하였다. 그 결과 한바다호에 작용하는 대부분의 외력은 바람으로부터 기인되는 것을 확인하였다. 가장 극한 해양조건(B.F 6)에서 한바다호에 작용하는 종방향 힘은 18kN, 횡방향 힘은 248kN으로 나타났다.

핵심용어 : 실습선 한바다호, 자동계류시스템, 계류력, 항만 및 어항 설계기준, 스마트항만

Abstract : Recently, interest in smart port systems for linking with autonomous ships is increasing. To build a smart port system, primarily, a system that can automatically moor a vessel is required. To calculate the allowable mooring capacity of the automatic mooring system in a port, the characteristics of the vessel must be considered, and the external force generated from environmental disturbances in the sea must be accurately calculated. Accurately estimating the magnitude of these environmental disturbances is an extremely important factor for designing an automatic mooring system. In this study, the mooring capacity of the HANBADA was estimated according to the port and fishing port design criteria of the Ministry of Ocean and Fisheries. The longitudinal and lateral forces of the mooring force acting on the HANBADA were 18 kN and 248 kN, respectively, under the most extreme ocean conditions (BF 6).

Key Words : T/S HANBADA, Automatic mooring system, Mooring force, Port and fishing port design criteria, Smart port system

1. 서론

최근 자율운항 선박기술 개발과 함께 스마트 항만 개발이 화두가 되고 있다. 항만물류 기술분야는 해운, 항만 및 항만 배후단지를 대상으로 한 화물운송, 물류시설 운영 및 물류 서비스 등의 광범위한 영역이다. 스마트 항만은 이러한 다양한 물류기술 분야 중 항만의 첨단화, 청정화, 항만물류장비 고도화, 항만 물류인프라, 항만운영시스템 및 관련 시설물의 자동화, 생산성 고도화를 적용한 항만을 의미한다.

우리나라의 부산 신항만도 일부 스마트 항만기술을 적용하여, 야드에서 무인자동화 장비를 운용하고 있으나, 아직까지는 완전 무인화가 아닌 원격조정방식의 야드제어시스템

에 머물러 있다. 향후 스마트 항만으로 변모는 불가피하며, 우리나라 정부는 2030년까지 스마트 항만 구축을 통해 글로벌 경쟁력을 강화하는데 노력하고 있다(Lee, 2020).

최근 노르웨이는 이산화탄소 배출을 40% 이상 줄이는 것을 목표로 전기추진선박 및 하이브리드 선박으로의 발 빠른 전환을 꾀하고 있다. 이러한 전기추진 선박 및 하이브리드 선박은 항만에 충전시설이 있어야 하며, 충전시설을 이용할 때는 선박의 특정구역이 충전을 위한 항만시설과 연계되도록 접안되고 계류되어야 한다.

따라서 빈번한 접안 및 계류를 효과적으로 제어하기 위해서는 Fig. 1과 같은 자동계류 시스템 개발이 요구되었다. 스위스 카보텍(CAVOTEC) 회사는 자동계류장치(Raul et al., 2018)를 개발하였으며, 이러한 자동계류장치는 노르웨이뿐만 아니라 핀란드, 스웨덴 항만으로 확충되어 가고 있다. 또한, 스

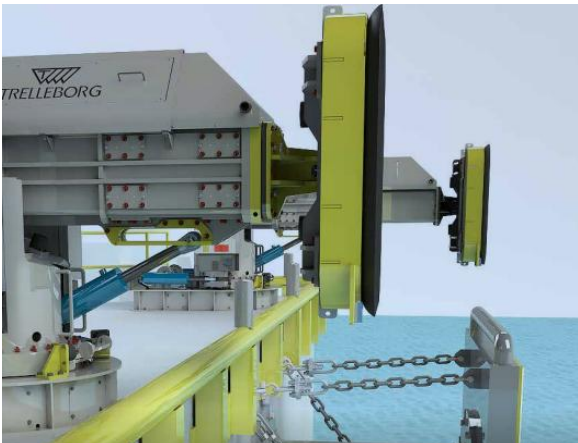
* First Author : dwseo@kunsan.ac.kr, 063-469-1858

† Corresponding Author : jkoh@kunsan.ac.kr, 063-469-1857

웨덴의 트렐레보그(Trelleborg), 네델란드의 뎀페이(Mampaey) 회사가 지속적인 개발 연구를 수행해 오고 있다.



(a) Auto mooring system designed by CAVOTEC



(b) Auto mooring system designed by Trelleborg

Fig. 1. Examples of auto mooring system.

Fig. 2는 CAVOTEC 회사에서 설치한 자동계류장치에 대해서 선박의 길이에 따른 설계 계류력을 보이고 있다. 자동계류 장치는 선박의 길이에 의한 영향보다는 항만의 정온도에 영향을 크게 받기 때문에 동일한 선박의 길이에 대해서 설계된 계류장치의 임계 계류력이 크게 차이를 보이는 것을 알 수 있다. 배의 길이보다는 오히려 선박의 배수량에 따른 임계계류력을 살펴보는 것이 타당할 수 있으나, 공개된 데이터 수준에서는 배수량에 따른 임계계류력 검토가 쉽지 않았다.

우리나라에서도 자동계류장치 개발에 관한 연구가 수행된 바 있다(Kim et al., 2014). Lee et al.(2010)은 모바일 하버 선박의 계류안정화 시스템의 개념설계를 수행하였으며, 이를 통해 기존에 탑재된 통신 및 계류설비, 의장장치를 이용하여 계류 안정화를 위한 요소기술을 개발한 바 있다.

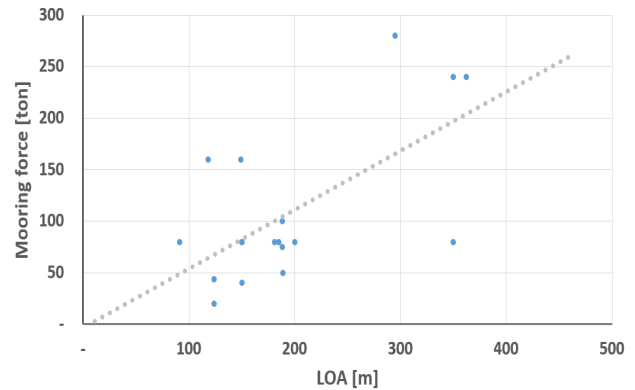


Fig. 2. Mooring capacities for auto mooring system of CAVOTEC.

다만, 본 연구와는 다르게 선대선(ship to ship) 도킹을 목적으로 개발되었으며, 실증단계로는 이르지 못하였다. 선대선이 아닌 항만과 선박의 계류연구로 Kim et al.(2019)는 슬라이딩 모드 제어시스템을 설계한 바 있다.

기존의 계류시스템과 관련하여 Lee(2007)은 3,000톤급 한나라호에 작용하는 풍압력 및 풍압모멘트 연구를 통해 20 m/s 바람이 정횡풍으로 불어올 때, 약 23 tonf의 힘이 발생되며, 안전한 이접안을 위해서는 중마력 예인선 2척이 필요할 것으로 추정한 바 있다. Yu(2017)은 선박 접·이안용 계선주의 부식율 및 마모율을 조사하여 계선주 성능 및 관리 기준을 제안하였으며, Kim(2020)은 9,000톤급 신조 실습선 한나라호에 대한 계류시스템 개선에 관한 연구를 진행한 바 있다. 또한 Son et al.(2022)는 진공타입의 자동계류시스템에 사용되는 고무에 대한 온도별 기계적 특성연구를 수행한 바 있다. 본 연구에 따르면 흡착패드와 진공을 통해 선박의 운동을 제어할 수 있는 흡착력이 충분히 발휘되는 것을 확인하였다.

본 연구에서는 자동계류장치의 향후 실증을 염두해 둔 6,600톤급 실습선 한바다호를 대상으로 한국해양대학교 부두에 계류된 한바다호의 최대계류력을 추정하기 위해 항만 및 어항설계기준에 따라 계산을 수행하였다.

2. 대상선박 및 환경 조건

2.1 대상선박

대상선박은 실선 실증을 염두하고 있는 한국해양대학교 실습선 한바다호이다. 한바다호의 배수량은 6,434 ton이며, 수선간장 길이가 104 m이며, 폭은 17.8 m, 흘수는 5.915 m로 약 246명이 승선하여 실습할 수 있는 선박이다. 본 선박의 자세한 사항은 Table 1에 나타내었다.

실습선 한바다호의 계류력 추정연구

Table 1. General Particulars of the HANBADA ship (Jung et al., 2008)

Items	Dimension
Length Overall (LOA)	117.20 m
Length Between Perpendicular (LBP)	104.00 m
Breadth (B)	17.80 m
Mean Draft (Full loaded condition)	5.915 m
Transverse Projected Area	287 m ²
Lateral Projected Area	1430 m ²
Maximum Speed	19.0 kts
Service Speed	17.5 kts
Main Engine MCR (100 %)	8,130 BHP × 176 RPM
Main Engine NCR (85 %)	6,910 BHP × 167 RPM
Complement	246 persons
Gross Tonnage	6,686 ton
Displacement (Full loaded condition)	6,434 ton
Block Coefficient (Cb)	0.5719
L.C.G (Full loaded condition)	-1.955 m
V.C.G (Full loaded condition)	6.551 m
GM (Full loaded condition)	2.360 m
Builder	STX Shipbuilding Co., Ltd

2.2 환경조건

본 실습선은 Fig. 3과 같이 한국해양대학교 부지의 항만에 정박하게 된다. 항내 선박의 계류력은 다양한 환경적 외란으로부터 영향을 받는다.

일반적으로 항만은 환경적 외란을 감소시키기 위해 설계되지만, 바람에 의한 하중은 불가피하게 생성된다. 다만, 부산항은 파랑에 의한 하중저감을 위해서 항만 주변에 조도방파제와 오탁도 방파제등이 설치되어 있다. 이로 인해 항내의 파랑의 크기가 크게 감소될 것을 짐작할 수 있다.

일반적으로 B.F 7인 경우에는 피항하기 때문에, 해당지역의 최대 풍속은 B.F 6에 해당되는 최대 14 m/s로 설정하였다. 또한 한국해양대 부두의 수심은 약 6-7 m로 부두 주변의 조류는 조도의 영향으로 항내 주된 조류속도보다 다소 감소되고, 방향 또한 조도를 타고 흘러 한국해양대 부두 부근에 이르러서는 내항으로 향하는 것으로 알려져 있다(Cho, 2017). 한바다호가 계류된 장소는 Fig. 4와 같이 부산항 초입과 가깝기 때문에 조류의 유속 및 방향은 각각 0.5 knot, 030도로 정하였다.

파랑은 항만 및 어항설계기준상의 중대형선 하역한계과 고인 0.5 m로 정하였으며, 파향은 020도를 기준으로 하였다. 여기서 파 주기는 선박의 운동성능에 가장 큰 영향을 미칠 것으로 가정한 8.6초로 정하였다.



Fig. 3. Satellite image of Busan Port.



Fig. 4. Mooring place of the target vessel.

3. 계류력 산정

앞서 설명한 바와 같이 계류력을 산정하기 위해서는 바람에 의한 하중, 조류에 의한 하중, 파랑에 의한 하중 등을 고려해야 한다.

3.1 바람에 의한 풍하중 산정

계류선박에 작용하는 풍하중은 풍속의 변동성, 선체 단면형상에 따른 풍항력계수 특성을 고려해야 한다. 바람에 의해 작용하는 선박의 풍하중은 선박의 종방향(x)으로 작용하는 힘과 횡방향(y)으로 작용하는 힘으로 분류할 수 있다. 바

람에 의한 힘은 수면 위 상부면적에 따라 크게 변화한다. 즉 선수방향의 바람은 수면상부의 정면투영면적에 영향을 미치므로 종방향은 힘은 상대적으로 작고, 횡방향으로부터 들어오는 바람은 수면상 횡면투영면적에 작용하므로 대단히 큰 횡방향 힘이 발생된다. 일반적으로 선박에 작용하는 풍하중을 산정할 때 해상풍을 고려하여 입사되는 풍속형태를 지수형분포로 가정하여 계산하기도 하나, 본 연구에서는 상대적으로 보수적인 결과를 도출할 수 있도록 하기 위해서 균일류로 가정하였으며, 항만 및 어항설계기준의 식(1)을 통해 계산하였다(Ministry of Ocean and Fisheries, 2014).

$$R_x = \frac{1}{2} \rho_a U^2 A_r C_x \quad (1)$$

$$R_y = \frac{1}{2} \rho_a U^2 A_L C_y$$

$$R_M = \frac{1}{2} \rho_a U^2 A_L L_{pp} C_M$$

여기서, C_x : x방향의 풍항력계수

C_y : y방향 풍항력 계수

C_M : 선박 중심축에서의 풍압모멘트계수

R_x : 풍하중 합력의 x방향 성분(kN)

R_y : 풍하중 합력의 y방향 성분(kN)

R_M : 풍하중 합력의 선박중심축 회전 모멘트(kN·m)

ρ_a : 공기의 밀도 = $1.23 \times 10^{-3} (\text{ton}/\text{m}^3)$

U : 풍속

A_r : 수면상 선체 정면 투영면적(m^2)

A_L : 수면상 선체 측면 투영면적(m^2)

L_{pp} : 수선간 길이(m)

풍압계수 C_x , C_y , C_M 은 특정선박에 대한 풍동실험 또는 수조시험을 통해 구하는 것이 바람직하다. 다만, 이와 같은 실험은 시간, 비용 등이 많이 들기 때문에 풍동실험이나 수조 실험결과를 근거하여 풍항력계수 계산식을 사용하거나 전산유체역학을 통하여 얻을 수 있다.

본 연구에서는 풍압계수를 구하기 위해서 전산유체역학 방법을 이용하였으며, 사용된 CFD 해석코드는 STAR-CCM+ (Ver. 15.06)이다. 본 연구에서는 3차원 비정상상태 비압축성 점성유동으로 가정하여 수치계산을 수행하였다. 본 계산을 위해 사용된 좌표계는 유동방향이 양의 X축이고, 선박의 우현방향이 양의 Y축, 중력의 반대방향이 양의 Z축으로 하는 직교좌표계를 사용하였다. 풍동시험과 동일한 방법으로 시뮬레이션을 수행하기 위해서 선체를 30°간격으로 회전시켜

가며 수치계산을 수행 할 수 있도록 선체를 둘러싼 부분과 바깥부분을 인터페이스로 처리하였다. 본 코드의 지배방정식으로는 비압축성 난류유동의 연속방정식과 시간평균 운동방정식(Reynolds-Averaged Navier-Stokes)을 이용하였으며 각각은 식(2)와 (3)을 참조한다.

$$\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_i} = 0 \quad (2)$$

$$\rho \bar{u}_j \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} = \rho \bar{f}_i + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[-\bar{p} \delta_{ij} + \mu \left(\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i} \right) - \overline{\rho u_i u_j} \right] \quad (3)$$

여기서, μ 는 유체의 점성계수, p 는 정압, $-\overline{\rho u_i u_j}$ 는 Reynolds stress, f_i 는 단위체적당 물체력을 나타낸다.

생성된 격자시스템은 Fig. 5와 같으며 총 800만개의 격자가 사용되었다. 풍압계수만을 구하기 위해서 자유수면하부 영역에 대해서는 고려하지 않았으며, 폭 방향으로 선체 길이(L)의 2배, 높이 방향으로 3배, 길이 방향으로 4배(상류 2배, 하류 2배)로 결정하였다. 계산에 적용한 경계조건은 유입구에 Velocity Inlet과 유출구에 Pressure Outlet을 주었으며, 유입구 풍속은 보수적인 관점에서 계산하기 위해서 균일류 조건을 사용하였다.

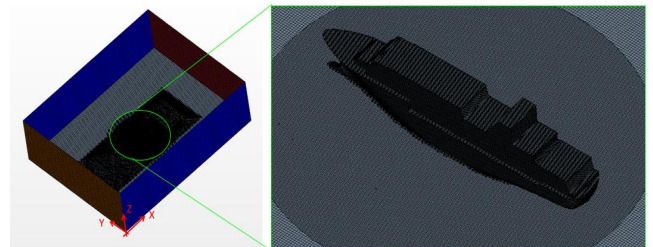


Fig. 5. Grid system for estimating wind load.

Fig. 6, 7은 바람에 의한 하중을 선박의 길이방향, 측면방향으로 각각 분리한 후 식(1)을 통해 무차원화하여 보이고 있다. x축은 바람이 불어들어오는 방향을 의미한다. 즉 0도는 선수방향에서 바람이 부는 것이며, 90도는 우현에서 바람이 부는 것이며, 120도는 우현의 후미에서 바람이 부는 것을 의미한다.

선박의 종방향 힘은 0도를 기준으로 W모양을 보이며, 이는 Lee(2007) 연구와 동일한 경향을 보인다. 종방향 힘의 최댓값은 30도와 60도 사이에서 바람이 불 때 가장 큰 것으로 나타났다. 반대로 횡방향 힘의 최댓값은 120도에서 바람이

불어 들어올 때 가장 높았다. 이때 항력계수로는 약 1.4로 크게 나왔으며, 약 25 tonf(248 kN)이 작용되는 것을 알 수 있다.

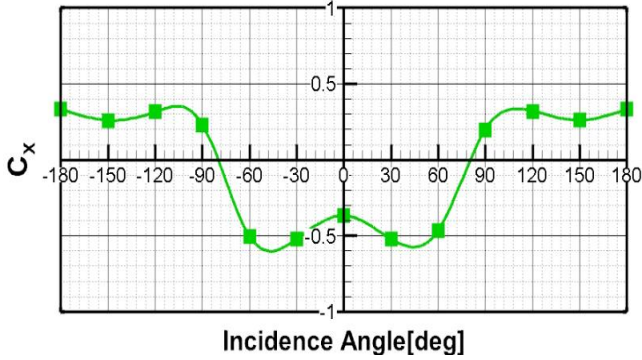


Fig. 6. Wind drag coefficient(C_x) in the longitudinal direction.

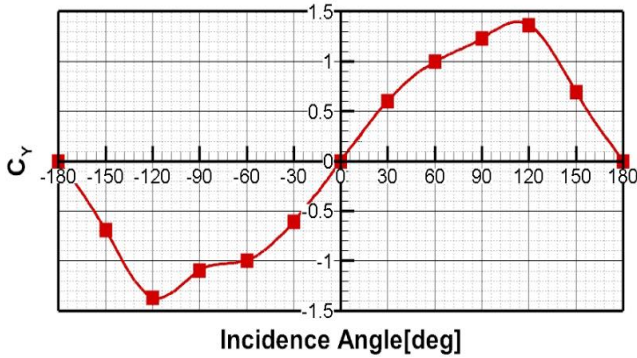


Fig. 7. Wind drag coefficient(C_y) in the lateral direction.

Fig. 8은 한바다호의 무게중심점에서의 모멘트 계수를 보이고 있다. 모멘트 계수는 값이 작아 10배하여 나타내었다. 최댓값은 -60도 부근에서 나타났으며 약 -1.8 정도로 산출되었다. 산정된 모멘트 계수는 향후 제어시스템의 입력자료로 이용될 예정이다.

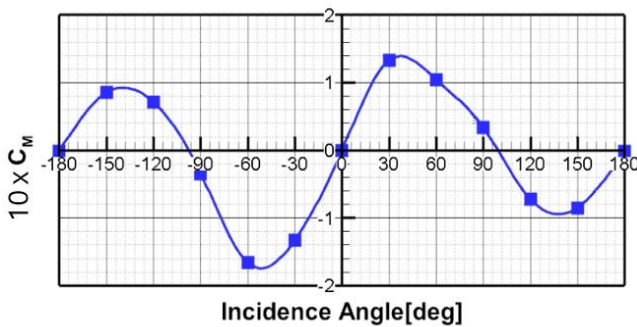


Fig. 8. Moment coefficient acting on the center of gravity.

Fig. 9는 힘의 하중관점에서 가장 큰 값이 도출된 120도에서 추출된 무차원 계수의 시간이력을 보이고 있다. C_x , C_y , C_M 이 100초 이후에 모두 잘 수렴되는 것으로 나타났으며, 지속적인 진동현상은 바람에 의해 발생된 와류가 떨어지면서 발생된 변동을 보이는 것으로 판단된다.

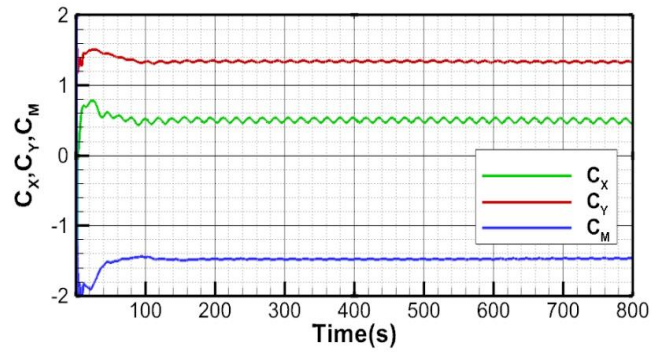
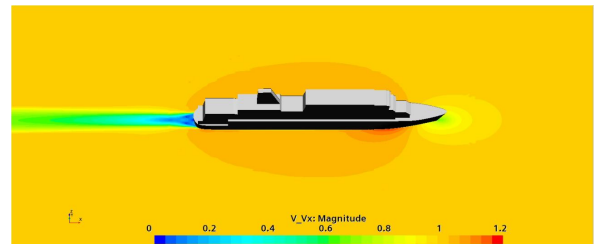
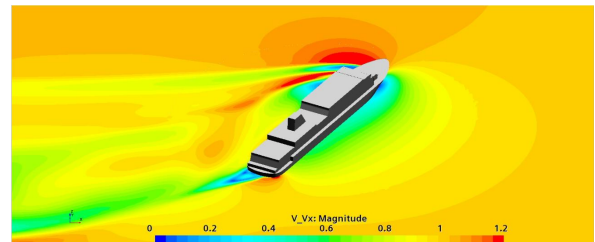


Fig. 9. Time history of C_x , C_y and C_M at incidence angle of 120 deg.

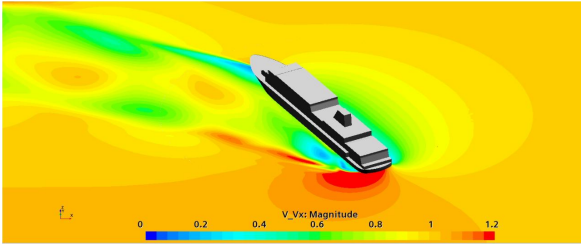
Fig. 10은 $Z = 10$ m 위치에서 불어오는 바람의 방향에 따른 유속분포의 변화를 60도 간격으로 보여주고 있다. 0도와 180도에서는 유동의 큰 특성은 살펴보기 힘들으나, 60도와 120도에서는 바람이 부딪히는 면에 과란색으로 표시된 정체 유동이 크게 발생된 것을 수 있으며 반대방향으로는 와류가 분리되어 나가는 것도 확인된다. 이로 인해 측면방향의 힘이 크게 작용할 것으로 판단된다.



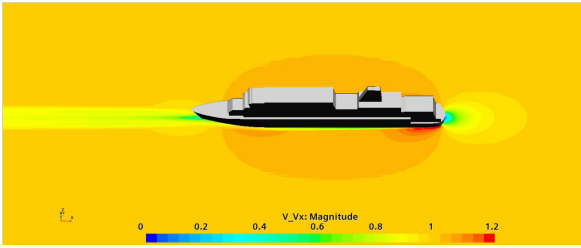
(a) incidence angle of 0 deg



(b) incidence angle of 60 deg



(C) incidence angle 120 deg



(d) incidence angle of 180 deg

Fig. 10. Velocity contour (V/V_x) various incidence angle.

3.2 조류에 의한 유체력

선박에 작용하는 조류에 의한 유체압력은 항만 및 어항설계기준(Ministry of Ocean and Fisheries, 2014)을 참고하여 산정하였다. 조류의 유속은 한국해양대학교 항만을 고려하여 0.5 knot로 정하였으며, 조류의 방향은 030도이나 선박의 계류방향각과의 상대각을 고려할 때 약 10° 정도의 차이가 있는 것으로 나타났다(Cho, 2017).

조류에 의한 유체압력은 마찰저항과 압력저항으로 나눌 수 있다. 선수 방향에서 흐름에 대한 저항은 대부분 마찰저항이다. 측면흐름에 대해서는 대부분이 압력저항으로 생각할 수 있다. 그러나 마찰저항과 압력저항을 엄밀히 구분하여 구하기란 매우 어려운 일이며, 조류에 의한 유체압력은 아래 식(4)에 따라 구한다.

$$R_f = \rho_w g \lambda \{1 + 0.0043(15 - t)\} S V^{1.825} \quad (4)$$

여기서, R_f : 유체압력(kN)

ρ_w : 해수의 비중 ($\approx 1.03 \text{ ton/m}^3$)

g : 중력가속도

t : 온도($^{\circ}\text{C}$) ($\approx 15^{\circ}\text{C}$)

S : 침수표면적(m^2)

V : 유속(m/s)

λ : 계수(≈ 0.14)

만재흘수조건에서 침수표면적인 약 2,280 m^2 이고, 유속은 0.5 knot(0.257 m/s)이므로 배의 길이방향으로의 유체력은 약

0.263 kN 정도로 산출되었다. 또한 조류로 인한 폭방향(Y방향)힘은 펜더 및 항만지지구조물이 충분히 지지해 줄 것으로 가정하고 고려하지 않았다.

3.3 파랑에 의한 유체력

계류선박에 작용하는 파력은 항만 및 어항설계기준에 따라 선박의 형상 및 파의 제원을 고려하여 적절한 방법을 통해 계산하도록 요구하고 있다. 정확한 파력에 의한 힘을 계산하기 위해서는 모형시험, 전산유체역학, 운동해석등을 통해 얻을 수 있으나, 해당 해역의 파고가 0.5 m로 상대적으로 크지 않아 스트립방법을 이용하여 계산을 수행하였다.

해당 항만의 파고는 0.5 m, 파주기는 8.6초, 파향은 020이나 선박의 계류방향각과의 상대각을 고려할 때 파향은 정면에서 들어오는 것으로 나타났다.

선박에 작용하는 파력은 스트립법, 특이점분포법, 경계요소법, 유한요소법 중 적절한 방법을 사용하지만, 선박에서는 스트립법을 가장 많이 사용하고 있다. 스트립법에 의한 파력은 선체에 작용하는 푸르드-크릴로프의 힘(froude-kriloff force)과 산란파에의 해 구조물이 받는 힘(diffraction force)의 합으로 구해진다. 본 연구에서 선박에 작용하는 파력은 ISO 15016 (2016)의 식(5)를 통해 산정하였다 여기서 R_{AWML} 은 입사파가 선박의 운동에 기여하는 파력이며, R_{AWRL} 은 반사파에 의한 저항증가량을 의미한다.

$$R_{AW} = 2 \int_0^{2\pi} \int_0^{\infty} \frac{R_{wave}(\omega, \alpha, V_s)}{\zeta_A^2} E(\omega, \alpha) d\omega d\alpha$$

$$R_{wave} = R_{AWML} + R_{AWRL} \quad (5)$$

$$R_{AWML} = 4\rho s g \zeta_A^2 \frac{B^2}{L_{PP}} r_{aw}(\omega)$$

$$R_{AWRL} = \frac{1}{2} \rho s g \zeta_A^2 B \alpha_1(\omega)$$

여기서, R_{AW} : 선박에 작용하는 파력(kN)

R_{AWML} : 선박 운동에 기인하는 저항 증가량

R_{AWRL} : 반사파에 의한 저항 증가량

$E(\omega, \alpha)$: 단위면적당 방향 스펙트럼

ζ_A : 파의 진폭

g : 중력가속도

본 산식을 통해 얻어진 선박의 종방향 파력의 크기는 0.082 kN으로 상당히 미미한 것으로 나타났다. 이러한 이유는 유의파고가 0.5 m로 잔잔한 해수면이기 때문에 파로 인한

선박의 운동 및 회절력이 크지 않기 때문이다. 또한 파랑으로 인한 횡방향 힘은 펜더 및 항만지지구조물이 충분히 지지해 줄 것으로 가정하고 무시하였다.

3.4 최대 계류력

바람이 14 m/s로 불어오고, 조류가 0.5 knot로 흐르고, 유의 파고 0.5 m, 주기 8.3초의 파랑이 존재하는 한국해양대학교 부두에 6,400톤급 한바다호가 계류되어 있을 때 발생 가능한 힘을 Table 2에 나타내었다.

선박의 길이방향으로는 투영면적이 크지 않고, 조류나 파도가 세지 않아 약 18 kN 정도의 힘이 걸리는 것으로 나타났다. 그러나 측면방향으로는 선박의 상부구조물 등으로 인해 횡방향 투영면적이 크에 따라 248 kN의 큰 힘이 발생되었다.

Table 2. Total mooring force acting on the T/S HANBADA

	F_x [kN]	F_y [kN]
Wind	17.3	248
Current	0.26	-
Wave	0.08	-
Total	18kN	248kN

4. 결론

본 연구에서는 실습선 한바다호에 적합한 자동계류장치의 기본설계를 위해, 한바다호에 작용하는 계류력을 추정하였다. 대부분의 계류력은 바람에 의한 하중이며, 파도와 조류로 인한 계류력은 크지 않은 것으로 나타났다.

바람, 파도, 조류등을 고려할 때 선박의 종방향으로 필요한 최대 계류력은 18 kN으로 크지 않으나, 횡방향으로는 상부 구조물등의 영향으로 인해 약 248 kN의 계류력이 필요한 것으로 나타나 자동계류장치 설계시 이를 고려해야 할 것으로 보인다.

추가적으로 산정된 계류력에는 해상교통여건을 고려하지 않았으므로, 향후 항행선박간의 간섭으로 인한 추가하중 등이 고려되어야 할 것으로 판단된다. 또한 항만내 장주기 파가 존재할 경우 선박과의 공진 등이 발생할 가능성을 배제할 수 없으므로 추후 포텐션 방법 등을 이용한 선박의 운동 해석도 필요할 것으로 보인다.

후 기

본 논문은 2021년 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구(스마트항만-자율운항선박 연계기술 개발)임을 밝힙니다.

References

- [1] Cho, I. S.(2017), Behavior Analysis and Control of a Moored Training Ship in an Exclusive Wharf, Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 23, No. 2, pp. 139-145
- [2] ISO 15016(2016), Ships and marine technology - Guidelines for the assessment of speed and power performance by analysis of speed trial data.
- [3] Jung, C. Y., H. K. Lee, and G. Y. Kong(2008), A study on the Ship's Performance of T.S. HANBADA(III), Journal of Navigation and Port Research, Vol. 32, No. 6, pp. 439-445.
- [4] Kim, H. H., J. M. Kim, and T. Nam(2019), Design of sliding mode control system for automatic mooring devices for vessels, Journal of Advanced Marine Engineering and Technology, Vol. 43, No. 9, pp. 717-726.
- [5] Kim, S.(2020), A Study on the Improvement of Mooring System of New Training Ship 'HANNARA', Master's Thesis, Korea Maritime and Ocean University.
- [6] Kim, Y. Y., K. J. Choi, H. Chung, S. Han, and P. S. Lee(2014), A ship-to-ship automatic docking system for ocean cargo transfer, Journal of Marine Science and Technology, Vol. 19, No. 4, pp. 360-375.
- [7] Lee, T. W.(2020), Smart Policy Trend of Europe and Singapore and Its Political Implications, Journal of Korea Port Economic Association, Vol. 36, No. 1, pp. 77-90.
- [8] Lee, Y. S.(2007), A Study on the Effect of Wind Force and Moment Acting on T/S HANNARA, The Journal of Navigation and Port Research, Vol. 31, No. 3, pp. 223-228.
- [9] Lee, Y. S., T. G. Jeong, C. H. Jung, and S. W. Kim(2010), Conceptual Design for Mooring Stability System and Equipments of Mobile Harbor, Journal of Navigation and Port Research, Vol. 34, No. 5, pp. 311-317.
- [10] Ministry of Ocean and Fisheries(2014), Port and fishing port design criteria, 111-1192000-000184-14.
- [11] Raul, V. C., C. Juan Carlos, F. Jose Angle, L. Mario, and C. Luis(2018), A Review of Ship Mooring System, Brodogradnja, Vol. 69, No. 1, pp. 123-149.
- [12] Son, Y., M. S. Kim, H. Jang, S. Kim, and Y. Kim(2022), Study on Temperature-Dependent Mechanical Properties of Chloroprene Rubber for Finite Element Analysis of Rubber Seal in an Automatic Mooring System, Journal of the Society of Naval Architects of Korea, Vol. 56, No. 3, pp. 157-163.

- [13] Yu, Y.(2017), A Study on Performance and Maintenance Standards of Mooring bollards, Master's thesis, Korea Maritime and Ocean University.

Received : 2022. 06. 15.

Revised : 2022. 07. 19.

Accepted : 2022. 08. 29.