

광양 제철부두의 계류안정성 해석 Dynamic Analysis for the Mooring Safety at KwangYang Port

김영복* · 정태권** · 김세원** · 김중엽*** · 김영훈*

Young-Bok Kim*, Sewon Kim**, Tae-Gweon Jeong**, Jung-Yeop Kim*** and Young-Hun Kim*

요 지 : 본 계류안정성 해석은 광양만 부두의 포항제철 제철 및 고철부두에 대한 적정 선박을 선정하는 방법의 하나로서 수행되었다. 계류안정성 해석을 위해서는 우선 제철부두에 정박하는 기준이 되는 대상선박을 선정하여 각 선박의 운동특성을 파악하고, 이것을 바탕으로 각 대상 선박의 유체력을 계산한 후 파랑, 바람 및 조류를 고려하여 안벽에 계류된 선박의 계류안정성해석을 수행하였다. 이를 통해 광양 제철부두에서의 계류안정성을 보장하는 적절한 선박 선정기준을 개선하고자 하였다.

핵심용어 : 파도력, 풍력, 조류력, 다물체 연성효과, 안벽, 천수효과, 계류라인, 펜더

Abstract : This study is aiming to find one of reasonable guidelines to select a proper berthing ship at Kwang Yang harbors for loading/unloading for the POSCO(Pohang Steel Co. Ltd.). For dynamic analysis for the moored ships, the selection of subjected vessels has to be given the priority, so that the motion characteristics are figured out. The calculation of the dynamic fluid forces and wave, wind and current forces in time domain are followed. Then, the dynamic mooring analyses are performed. This study might contribute to make a new guideline by which the proper sized and loaded ships could be moored safety at the berths of Kwang Yang Harbor.

Keywords : wave force, wind force, current force, multi-body interaction effect, quay & shallow effect, mooring line, fender

1. 서 론

통상 부유체의 설계는 계류된 상태를 고려하여 주파수영역(frequency domain)이 아닌 시간영역(time domain)에서 3시간 동안의 해석 결과를 이용하여 응답을 평가하는 것이 일반적인 설계시 해석 방법이다(Kim, 2004, 2005). 본 논문에서는 안벽에 다점 병렬계류되어 있는 여러 경우의 선박에 대하여 해저면 깊이가 12~14 m 정도의 천수효과를 보이면서 안벽과의 다물체 연성효과를 동시에 고려한 유체력을 산정하여 계류해석에 이용하였다. 본 연구에서는 WAMIT(Lee, 2006) 프로그램을 이용하여 다물체 연성효과(two-body interaction)를 고려한 유체력을 계산하였고, WINPOST(Kim, 2000, Kim, 2004, 2005) 프로그램을 이용하여 시간역에서의 계류해석을 수행하였다. 다물체 연성효과를 고려한 계류해석을 위한 상용화된 프로그램으로는 WINPOST외에도 DNV의 DeepC, AQWA, ABS의 CABLE-3D가 있으며, 기관이 개발한 프로그램(in-house program)으로는 서울대에서 개발한 프로그램

(Kang, 2004)이 있다. 최근의 다물체 연성효과를 고려한 동적해석 프로그램 개발 동향은 대개의 경우가 미국 휴스턴의 엔지니어링 회사들을 중심으로 이루어지고 있는 것이 대부분인 것으로 보인다. 복합적인 해상의 부유체구조물에서의 동적위치 제어시스템(DP system)이나, LNG 화물운반선으로부터 일종의 LNG 터미널인 LNG FSRU로 LNG 화물 이송을 위한 양하역 연결장치>Loading arm) 등의 동적안전성을 검토하기 위한 동적거동 연구가 이루어지고 있는 추세이다.

본 연구의 대상인 광양만 제철부두는 건설된 지 거의 20년이 되며, 일반 화물을 양하역하기 위한 부두이다. 포항제철 내에 있어 주로 화물은 광석과 코일이 주종을 이루고 있고, 5만톤과 7만톤급 선박의 안벽 계류가 가능하도록 설계된 부두이다. 이에 대한 초기단계에서의 설계조건 시 산정한 선박의 실 해상 조건에서의 계류 안정성을 검토하고, 선박에 적재한 하중과 선박의 크기에 관한 계류안정성과의 관계를 도출하여 광양만 제철부두의 계류 선박 기준을 작성하는데 근거자료로 사용하고자 한다.

*경남대학교 조선해양 IT공학과(Naval Architecture, Ocean & IT Engineering Department, Kyungnam University, Changwon, Kyungsangnam-do 631-701, Korea)

**한국해양대학교 항해학부(Division of Navigation of Science, Korea Maritime University, Busan, 606-791, Korea)

***노르웨이 선급협회 부산지부(Pusan Office, Det Norske Veritas)

2. 해석 조건

2.1 대상선박

계류안정성 해석을 위해 선정된 선박은 5만톤급의 Coal/ore Bulk Carrier인 New Irene호 Bulk Carrier인 New Navigation호이다. 두 선박의 제원은 다음 Table 1과 같다. 이들 선박은 제품부두 및 고철부두의 설계조건과 그동안의 활용된 실적에 따라 선정된 선박이다. 이들 선박은 제품부두 현황에 따라 선정된 선박들이며, 적재량을 설계조건으로 설정하였다. 즉, 1번 선석에는 7만톤급 선박인 New Irene호에 5만톤을 적재하도록 하였으며, 2, 3, 4번 선석에는 5만톤급인 New Navigation호에 3만톤의 화물을 적재한 경우를 고려하였다. 이에 추가하여 1번과 2번 선석의 사이에 있는 선석에는 7만톤급 New Irene호에 4만톤을 적재하는 것으로 설정하였다. 선박의 모델링을 위해서는 MD/PATRAN을 이용하였으며, 선박 뿐 만이

아니고 선박과 부두간의 상호 영향을 파악하기 위해서 부두도 모델링하였다. 부두와 같이 병렬계류된 선박의 모델링 형상은 다음 Fig. 1과 같다.

2.2 해상조건

광양만 부두에서 작업을 할 수 있는 해상조건의 최대 한계 값과 안벽에 선박을 계류하기 어려운 폭풍에 해당하는 조건들을 고려한 결과 바람의 풍속은 5 m/s~14 m/s 사이에서 계류가능한 조건을 각 방향으로 바람이 불 때를 15° 각도로 고려하기로 하였다. Fig. 2로 부터 풍향은 주로 북서풍(NW)과 북동풍(NE)이 가장 강하며, 크기는 최대 14 m/s 정도로 추정된다. 또한, 풍향의 빈도는 북서풍(NW), 동북동풍(NE), 북동풍(NE) 또는 북북동(NNE) 등의 순서로 자주 부는 것으로 나타났다. 부두의 선수각을 서북서(WNW)방향으로 두면, 210°에서 270°의 바람이 가장 강한 14 m/s이고, 빈도로 볼 때는

Table 1. Principal Particulars of Selected Vessels

선석별 대상선박	1번 선석	1-2번 선석	2, 3, 4번 선석
선종/선명(선령)	Bulk(Coal/Ore)/NewIrene(13년)		BulkCarrier/NewNavigation(7년)
계획 톤수	75,364 TON		53,579TON
LBP	216 m		184 m
Breadth	32.24 m		32.26 m
Depth	19.1 m		17.0 m
Designed Draft	14.5 m		12.54 m
Cb	0.814	0.804	0.789
입항시 적재량	50 k DWT	40 k DWT	30 k DWT
입항시Draft(광양부두)	8.6 m	7.0 m	6.5 m

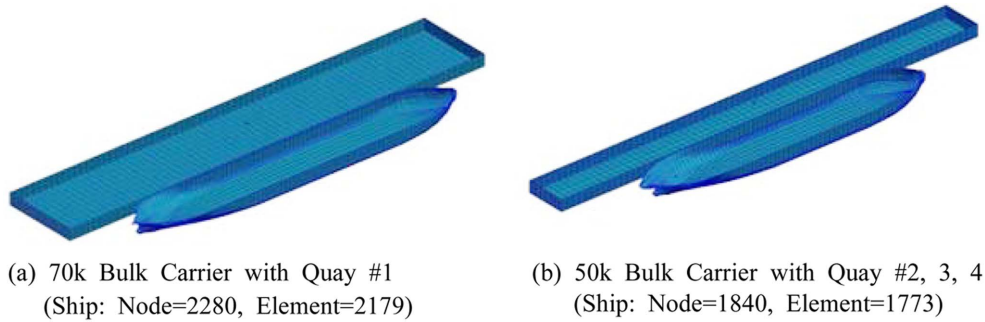


Fig. 1. Modeling of the Wetted Surface of 70 k and 50 k BulkCarrier with Quays.

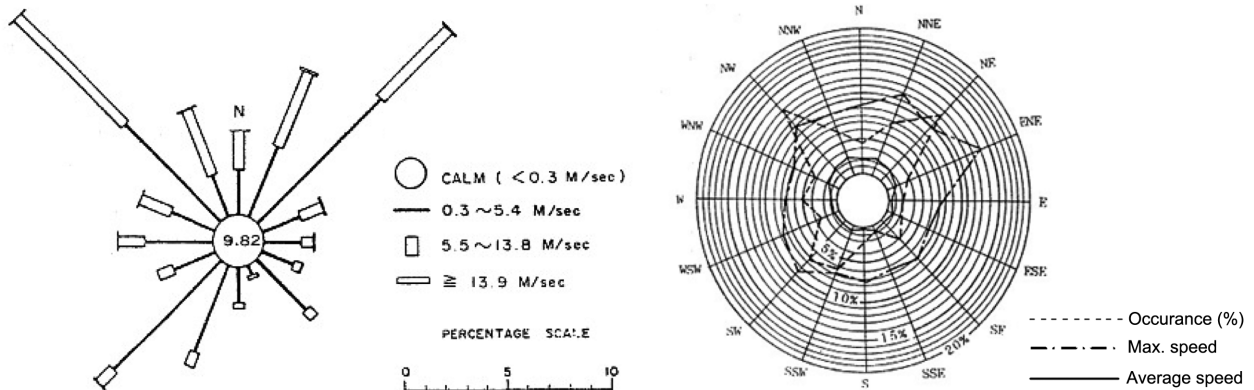


Fig. 2. Wind Rose Plot and Wind Direction Plot in Kwang Yang Harbor.

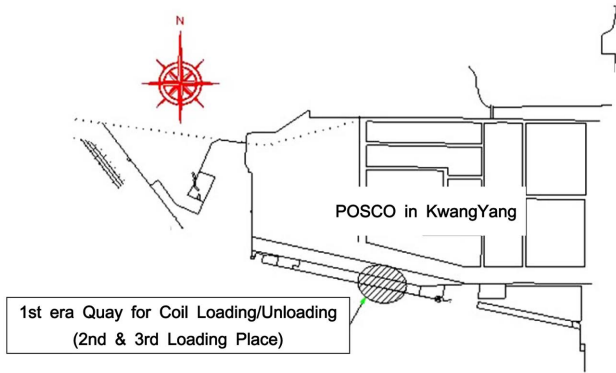


Fig. 3. Directional Position of Kwang Yang Harbor and Berths for Ship Mooring.

210°가 가장 많이 불고, 285°에서는 5.5 m/s의 바람이지만 두 번째로 많이 부는 것으로 나타났다. 270° 외에 265°도 고려 대상이며, 바람의 속도는 준 폭풍급인 8~9 m/s 정도이다. 그 외 조류는 광양만부두 근처의 이전 초기설계당시의 광양만 설계보고서의 해상자료를 참고하여 0.5 m/s로 간주하였다. 또한, 광양만 부두의 위치와 계류하는 선박의 위치는 다음 Fig. 3을 참고로 설정하였다.

2.3 계류배치

계류라인은 부두의 bitt와 본 선상의 bollard 위치에 따라 결정되며, 본 연구에서는 선박의 일반배치도와 부두의 초기 설계도면을 참고하여 최대한 근접한 bitt와 bollard 위치를 선정하였다.

설계도면에 의하면 육상인 Jetty 안벽부두의 bollard 즉, bitt는 20 m 간격에 하나씩 배치되어 있고, 반면 웬더(방현재)의 위치는 10 m 간격으로 설치되어 있었다. 이들 부두에서의 bitt와 웬더 위치를 고려하고, 선박의 일반배치도를 보면 선수미 방향에 본선 bollard가 배치되어 있어 Fig. 4와 같이 계류라인을 배치하였다. 계류해석을 위해서는 계류라인 배치를 많이 할수록 유리하지만 실제 상황을 대비한다는 관점에서는 필요 이상의 계류는 위험을 초래할 수도 있다. 따라서, 본 연구에서는 선수부 4개 라인, 선미부 3개 라인을 설치하였다. 추후 이를 검증하는 측면에서 선미에 4개 또는 5개의 라인을

Table 2. Stiffnesses of Mooring Lines for Kwang Yang Harbor

No.	Stiffness(EA)	Dry weight	Pretension
	N	kg/m	N
1	3.57E+05	2.21	1.60E+03
2	3.57E+05	2.21	8.63E+02
3	3.57E+05	2.21	7.70E+02
4	3.57E+05	2.21	9.08E+02
5	3.57E+05	2.21	6.96E+02
6	3.57E+05	2.21	7.70E+02
7	3.57E+05	2.21	9.38E+02

추가하였지만 결과에는 유리한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. Table 2에는 적용한 계류라인의 강성을 나타낸다.

3. 이 론

3.1 유체력 해석

파랑에 의한 유체력의 해석은 다음의 경계치문제로 해석될 수 있다.

$$\nabla u = 0 \text{ or } \nabla^2 \Phi = \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial z^2} = 0 \quad (1)$$

여기서, 경계조건은 다음과 같다.

$$\frac{\partial \Phi}{\partial z} = 0 \text{ at } z = -d \quad (2)$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} - \frac{\partial \Phi}{\partial z} = 0 \text{ and } \frac{\partial \Phi}{\partial t} + g\eta = 0 \text{ on } z = 0 \quad (3)$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial n} = V_n \text{ on the body surface} \quad (4)$$

여기서 V_n 은 물체의 법선방향 속도성분이고, n 은 경계면의 법선방향벡터, u 는 x방향(파도의 진행방향) 속도이고, x, y, z 는 유체역의 직각좌표계의 세 방향 좌표, d 는 해수면에서 수심까지의 깊이, η 는 파랑의 해수면에서 수면까지의 수직 높이, t 는 시간을 나타낸다. 상기의 식 (1)~(4)에서 속도포텐셜 함수 Φ 는 다음과 같이 다중 부유체 산란파의 성분과 입사파에 의한 포텐셜 성분으로 분리될 수 있다.

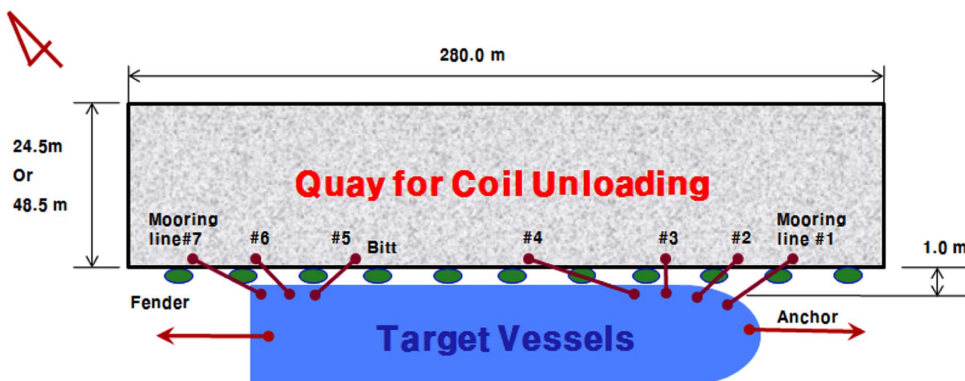


Fig. 4. Drawing of the Mooring Line Arrangement for Ships and Berth.

$$\Phi = (\Phi^I + \Phi^S) + \sum_j^6 (\Phi_j^I + \Phi_j^{II}) \quad (5)$$

여기서, Φ^I 는 입사파에 의한 성분이고, Φ^S 는 회절파에 의한 값이다. 또한, Φ_j^I 는 body I의 j번째 운동모드(body II는 고정된 조건)에 대한 방사포텐셜(radiation potential), Φ_j^{II} 는 body II의 j번째 운동모드(body I는 고정된 조건)에 대한 방사포텐셜(radiation potential)을 의미한다. 다중 부유체에 의한 상호 연성된 산란 포텐셜을 계산하기 위해서는 다음 식 (6)~(9)의 방사포텐셜의 조건을 만족해야 한다.

-Interaction Problem - radiation/scatter from body I near body II:

$$\frac{\partial \hat{\phi}_i^I}{\partial n} = \frac{\partial \phi_i^I}{\partial n} \text{ on } S_I \quad (6)$$

$$\frac{\partial \hat{\phi}_i^I}{\partial n} = 0 \text{ on } S_{II} \quad (7)$$

- Interaction Problem - radiation/scatter from body II near body I:

$$\frac{\partial \hat{\phi}_i^{II}}{\partial n} = 0 \text{ on } S_I \quad (8)$$

$$\frac{\partial \hat{\phi}_i^{II}}{\partial n} = \frac{\partial \phi_i^{II}}{\partial n} \text{ on } S_{II} \quad (9)$$

식 (1)~(9)에서와 같은 유체의 경계치문제는 보통 BEM (Boundary Element Method)를 이용하여 해석하게 된다. 여기서, $\hat{\phi}_j^I$, $\hat{\phi}_j^{II}$ 는 다중부유체의 중심, 즉 다물체의 기준 물체에서 보았을 때의 I-body 또는 II-body에서의 산라파에 의한 방사속도포텐셜 값을 의미한다.

- 지배방정식:

$$\nabla^2 \Phi = 0 \text{ and } \Phi(P, t) = \phi(P)e^{-i\omega t} \quad (10)$$

-Residual Integral:

$$\int_{\Omega_F} \nabla^2 \phi \phi^* d\Omega = \int_{\Gamma_S} \left(\frac{\partial \phi}{\partial n} - G^T \dot{w} \right) \phi^* d\Gamma + \int_{\Gamma_R + \Gamma_F} \phi \phi^* d\Gamma + \int_{\Gamma_B} \frac{\partial \phi}{\partial n} \phi^* d\Gamma \quad (11)$$

-Inverse Formulation:

$$\int_{\Omega_F} \nabla^2 \phi \phi^* d\Omega = \int_{\Gamma_S + \Gamma_B} \frac{\partial \phi}{\partial n} \phi^* d\Gamma + \int_{\Gamma_R + \Gamma_F} \phi \phi^* d\Gamma - \int_{\Gamma_R + \Gamma_F} \frac{\partial \phi}{\partial n} \phi^* d\Gamma - \int_{\Gamma_S} G^T \dot{w} \phi^* d\Gamma \quad (12)$$

여기서, ϕ 는 속도포텐셜이고 ϕ^* 는 가중함수로 사용하는 Laplace 방정식인 식 (10)의 해이다. 또한 G^T 는 유체좌표계에 의한 값을 구조좌표계의 값으로 변환해 주는 변환함수(transfer function)이고, \dot{w} 는 유체입자의 속도를 대표적으로 표현한 것이다. 이때 구해진 유체력은 다음 식 (13)의 Morison Equation을 응용한 부유체 운동의 지배방정식에 의해 전체 유체의 운

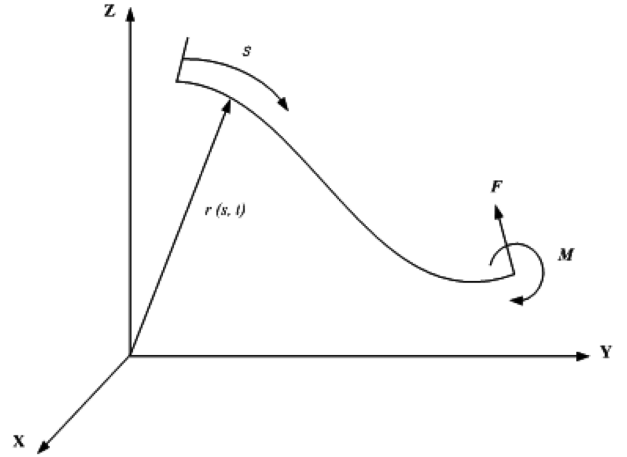


Fig.5. Notations with Cartesian Coordinates for Definition of the Equation of Line Motion.

동방정식에 의한 동적해석을 수행하게 된다.

$$[M + M^d(\infty)] \ddot{\zeta} + K\zeta = F_I(t) + F_c(\dot{\zeta}, t) + F_m(\dot{\zeta}, t) \quad (13)$$

여기서 $[M + M_d(\infty)]$ 는 물체질량과 부가질량을 더한 겉보기 질량이며, K 는 구조강성, F_I 는 파에 의한 관성력, F_c 는 조류 등에 의한 저항력, F_m 은 파에 의한 항력(drag force)을 나타낸다.

3.2 Line Dynamics 해석

유체력 해석 후에는 다음에서 고려하는 라이저나 계류라인에 대한 Line Dynamics 해석을 수행하게 된다. Fig. 5는 해석 대상인 라인의 좌표계를 보여준다.

-평행방정식:

$$\vec{F}' + \vec{q} = \rho \vec{r} \quad (14)$$

$$\vec{M}' + \vec{r}' \times \vec{F}' + \vec{m} = \vec{0} \quad (15)$$

-굽힘 모멘트와 곡선간의 관계:

$$\vec{M} = \vec{r}' \times EI \vec{r}'' + H \vec{r}' \quad (16)$$

-라인의 운동방정식:

$$\rho \vec{r}'' + C_a \rho_w \vec{r}'' + (EI \vec{r}''') - (\tilde{\lambda} \vec{r}') = \vec{w} + \vec{F}_d \quad (17)$$

식 (14)~(17)에서 F , M 은 라인에 걸리는 힘과 굽힘모멘트, E 는 Young's Modulus, I 는 라인이 단면이차모멘트, H 는 라인의 회전스프링강성, ρ 는 계류라인의 밀도, C_a 는 부가질량 계수, ρ_w 는 유체의 밀도, $\tilde{\lambda}$ 는 Lagrange Multiplier이고, \vec{w} 는 단위길이당 라인의 무게, \vec{F}_d 는 drag에 의한 저항력이다. 또한, Fig. 5에서 보여 주었듯이 r 은 원점에서 계류라인 임의 점까지의 위치벡터이다. 3.1절에서 부유체 운동방정식 (13)에 식 (17)의 식을 합하여 계산하면 부유체와 유체 중에 잡혀서 거동하는 라인을 함께 한 동적해석을 할 수 있게 된다. 이

식의 해를 위해서는 라인을 3차원 beam 요소로 가정하여 모델링한 후에 FEM 해석 기법을 이용하여 해를 구하였다.

4. 수치해석 결과

4.1 수치해석 조건

선석별 입항 가능 선박과 적재조건 등을 고려하여 계류해석의 case를 다음과 같이 4가지로 설정하였다. 파랑조건은 Modified Pierson-Moskowitz spectrum을 사용하였으며, sea state 2와 3(Bhattacharyya, 1978)의 조건을 바람의 속도와 맞춰서 사용하였다. 즉, sea state 3에서는 유의파고 1.25 m, 피크주기 7.5 sec의 파, 풍속 16 knots 를 이용하였고, sea state 2에서는 유의파고 파고 0.5 m, 피크주기 6.3 sec, 풍속 10 knots를 고려하였다. 이때 바람에 의한 풍력의 계산은 API(API RP 2T, 1997)code를 이용하여 계산하였다. 계산시간은 0.01 sec의 시간간격으로 1시간 simulation을 하여 결과를 통계처리하여 도출하였다. 여기서 고려한 해석조건은 다음과 같다.

Case 1: 7만톤급 화물선(New Irene호)이 50만톤 적재하고 1번 선석에 계류하는 경우

Case 2: 5만톤급 화물선(New Navigation호)가 3만톤 적재하고 2, 3, 4번 선석에 계류 하는 경우

Case 3: 7만톤급 화물선(New Irene호)이 40만톤 적재하고 1-2번 선석 사이에 계류하 는 경우

Case 4: 5만톤급 화물선(New Navigation호)가 2.5만톤 적재한 경우와 7만톤급 화물선 이 3만톤을 적재하고 2, 3, 4번 선석에 계류하는 경우(Case 2와의 비교 목적)

이상의 Case 1~3의 경우에 대해 바람이 선수방향(180도)에서 입사하는 경우부터 시작하여 315도 방향인 선미방향에서 입사하는 경우까지 15도 간격으로하여 총 11 각도에서 바람이 불어 올 경우를 해석하였다. Case 4의 경우는 225도와 270도에서 바람만 고려하였다.

4.2 수치해석 결과

Case 1~4에 해당하는 수치해석 결과를 Table 3에 정리하였다.

이 Table에서 보면 1번선석의 7만톤급 화물선의 경우 입사각이 300°(풍향 NWN)일 경우에 라인장력은 77톤으로 가장 크며, 이때의 풍속은 10 m/s임을 알 수 있다. 또한 2, 3, 4번 선석의 5만톤급 화물선의 경우에는 계류장력이 매우 작으며, 그중에서 가장 큰 장력은 240°(풍향 N) 일때 17.8톤의 이 걸된다. 큰 선박에 계류장력이 더 걸리는 것으로 나타났다. 따라서 안벽에 계류할 경우는 선수부를 서북서(WNW) 쪽으로 향하게 계류하는 것이 유리하다는 것을 알 수 있다. 1번과 2번의 사이 선석에 계류된 선박은 7만톤급에 4만톤의 화물을 적재한 선박으로 가정하였으며, 계류해석 결과는 Table 3과 같다. 이 경우는 1번 선석에 계류된 7만톤급의 화물선에 5만톤을 적재한 경우와 일대일 비교가 가능한 경우이다. Table

Table 3. Summary of Mooring Analysis Results of 70 k, 50 k Bulk Carrier with Various Loadings

Loading	wind m/s	Statistics	moor#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	Fender
			Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton
70 k B.C. (50 kDWT)	10	mean	5.7	6.1	1.6	3.56	1.3	2.41	21.2	39.1
		std	6.4	8.6	3.7	7.92	1.8	3.74	16.7	8.6
		max	29.4	42.5	24.7	53.7	11.6	19.7	77.0	64.4
		min	0.2	0.1	0.1	0.06	0.3	0.17	0.1	0.0
50 k B.C. (30 k DWT)	7	mean	0.47	1.12	2.68	4.47	1.32	2.92	0.6	7.2
		std	0.83	2.13	2.78	2.46	1.19	1.18	0.1	14.1
		max	4.01	10.2	13.3	14.5	5.06	7.21	0.8	50.5
		min	0.06	0.02	0.02	0.01	0.05	1.16	0.4	-36.9
70 k B.C. (40 k DWT)	5	mean	0.85	0.52	6.61	0.56	5.38	3.57	2.27	0.67
		std	1.92	1.66	6.78	1.79	4.18	3.85	5.01	1.05
		max	16.2	19.1	30.5	19.5	20.9	20.3	32.9	3.12
		min	0.20	0.13	0.21	0.10	0.34	0.19	0.09	-2.81
50 k B.C. (30 kDWT)	10	mean	1.8	5.6	0.16	7.2	0.13	3.0	1.4	7.2
		std	0.7	1.7	0.46	3.5	0.16	1.2	0.7	14.1
		max	4.0	9.9	4.26	17.4	1.49	7.1	3.9	50.5
		min	0.3	1.2	0.03	0.0	0.05	0.3	0.1	-36.9
50 k B.C. (25 kDWT)	10	mean	1.8	5.6	0.12	7.1	0.11	3.0	1.5	7.3
		std	0.6	1.7	0.31	3.8	0.11	1.3	0.7	14.9
		max	3.7	10.0	2.58	19.0	0.92	7.3	3.9	53.0
		min	0.5	0.4	0.03	0.0	0.05	0.1	0.1	-33.9
70 k B.C. (30 kDWT)	10	mean	2.2	3.8	0.55	3.9	0.25	0.9	4.9	6.8
		std	0.8	1.4	0.68	2.2	0.24	0.7	2.3	10.7
		max	4.6	7.9	3.59	10.1	1.43	3.3	12.4	32.9
		min	0.1	0.0	0.03	0.0	0.06	0.0	0.0	-25.2

3의 요약된 결과를 비교해 보면 5만톤 적재의 경우에 비해 4만톤을 적재한 경우에 비해 장력이 약 25% 크게 걸리는 것으로 나타났다(입사각 285° 기준). 선미입사각에 가까운 285°(NNE)로 입사하는 바람에 대해 최대 장력은 약 36톤이다. 계류라인에 걸리는 장력과 적재화물의 관계를 좀 더 파악하기 위해 5만톤 화물선에 2만5천톤의 화물을 싣고 2, 3, 4번 선석에 정박 계류된 선박에 대한 해석을 수행한 결과도 Table 3에 정리하였다. 이 Table에서 보면, 전체적으로 판단해 볼 때 선박이 클수록, 적재량이 많을수록 계류라인에 걸리는 장력은 커진다는, 어찌보면 당연한 결과와 함께 선박의 크기와 선적량의 변화에 따른 계류력의 변화를 잘 보여주고 있다. 이를 토대로 단지 선박의 크기만으로 입항조건을 정하는 것은 시정되어야 한다는 것을 알 수 있다.

5. 결 론

본 연구는 지어진 지 거의 20년이 되는데 광물화물을 포함한 일반화물을 양화역하기 위한 광양만의 제품 및 고철 부두에 대해 부두계류가 가능한 선박의 크기와 예상되는 해상 조건을 알아보기 위한 연구로 수행 되었다. 초기설계 당시 계획된 선박인 5만톤급과 7만톤급의 화물선에 대해 설계초기단계에서 계획된 실 해상 조건을 고려하여 몇가지의 대상선박 선적하중 상태를 고려하여 계류 안정성을 검토하였다. 선박에 적재한 하중과 선박의 크기에 관한 계류안정성과의 관계를 유도하여 광양만 제품부두의 계류 선박 기준을 작성하는데 근거자료를 마련하는 기초자료를 제공하는 것이 본 연구의 목적이다. 따라서 조산된 이 지역의 해상상태로서 유의파고 1.25 m의 파도와 0.5 m/s 유속의 조류, 그리고 가장 심한 기상조건인 북서풍과 북동풍에 대해서는 풍속을 변경시켜가며 14 m/s부터 5 m/s의 바람 등 세가지 조건을 부유체의 운동 및 계류해석 조건으로 고려하였다.

본 연구의 결과 더 큰 선박에 더 많은 계류 장력이 걸리고 있음을 보였지만 전 계류라인에서 같은 경향을 보이지는 않았으며, NW 방향을 제외한 전 방향에서 10~7 m/s의 바람에 대해 전 설계 적재선의 계류가 가능하였다. 따라서 톤수나 선박의 크기 보다는 톤수나 선박의 크기와 함께 선적량도 동시에 고려된 기준을 마련하는 것이 바람직하다.

감사의 글

본 연구의 수행을 위한 포항제철 광양제철소와 한국해양대학교의 지원에 감사를 드립니다.

참고문헌

- API RP 2T (1997). "Recommended Practice for Planning, Designing, and Consulting Tension Leg Platforms", 2nd Edition, American Petroleum Institute, N.W., Washington D.C.
- Bhattacharyya, R. (1978). "Dynamics of Marine Vehicles", Wiley & Sons, USA.
- Garrett, D.L. (1982). "Dynamic Analysis of Slender Rods", J Energy Resources Technol, Trans ASME 104, pp. 302-307.
- Kang, D.H, Junbum, Rho, Hangsoon, Choi (2004). "Mini TLP의 불규칙파 중 운동해석(Motion Analysis of Mini TLP in Irregular Waves)", 대한조선학회 2004년도 Proceedings of the Annual Autumn Meeting The Society of Naval Architects of Korea, pp.674-680.
- Kim, M.H. (2000). Winpost User's Manual, 3rd ed., Texas A&M University, College Station, USA.
- Kim, Y.B., Kim, M.H. (2004). "Hull/Mooring/Riser Coupled Dynamic Analysis of a Turret-Moored FPSO Compared with OTRC Experiment", J. of Ship and Ocean Technology, v.8, no.3, pp.26-39.
- Kim, Y.B., Kim, M.H. (2005). "Dynamic Analysis of Multiple-Body Floating Platforms Coupled with Mooring Lines and Risers", J. of Ship and Ocean Technology, v.9, no.1, pp.11-26.
- Kwak, H.U., Choi, H.S. and Shin, H.S. (2005). "A Motion Analysis of FPSO in Irregular Waves including Swells", J. of Ship and Ocean Technology, v.9, no.2, pp.21-28.
- Lee, C.H. (2006). WAMIT User's Manual, Ver. 6.4, WAMIT, Inc, MA, USA.
- Mooring Design & Inspection Criteria", Technical Report (TR-6009-OCN), Pub. By Naval Facilities Engineering Service Center(1999.04).
- OCIMF (1994). "Prediction of Wind and Current Loads on VLCCs", 2nd Edition, Witherby & Co. Ltd, London, England.
- Wichers, J.E.W. (1988). "A Simulation Model for a Single Point Moored Tanker", Ph.D. Dessertation, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands.

원고접수일: 2010년 11월 2일
수정본채택: 2010년 12월 24일
게재확정일: 2010년 12월 24일