

예인력에 따른 선박의 거동해석에 관한 연구

† 남택근 · 정창현* · 최혁진**

† 목포해양대학교 기관시스템공학부 교수, *목포해양대학교 해상운송시스템학부 교수, **한국해양과학기술원

A study on the behavior of towed vessel by towing force

† Taek-Kun Nam · Chang-Hyun Jung* · Hyuek-Jin Choi**

† Division of Marine Engineering, National Mokpo Maritime University, Mokpo 530-729, Korea

*Division of Maritime Transportation System, National Mokpo Maritime University, Mokpo 530-729, Korea

**Maritime & Ocean Engineering Research Institute, KIOST, Daejeon 305-343, Korea

요 약 : 해상에서 사고선박을 사고지점으로부터 안전한 곳으로 이동시키는 것은 사고선박의 2차적인 피해를 사전에 예방할 수 있는 중요한 조치이다. 본 연구에서는 예인선을 이용하여 사고선박을 예인할 때 예인선에 의한 예인력과 사고선박의 거동을 결정짓는 무게중심에서의 힘·토크 관계를 살펴보고자 한다. 먼저 간략화된 사고선박의 모델을 이용하여 목적으로 하는 움직임을 달성하기 위한 무게중심에서의 힘과 토크를 계산하였다. 이러한 힘과 토크를 발생시키기 위해서는 소정의 지점에 예인사를 연결하여 예인력을 가해야 하므로, 무게중심에서의 힘과 토크를 발생하기 위해 필요한 각 지점에서의 힘을 해석적으로 도출하였다.

1. 서 론

해상에서 사고로 인해 자력운항이 불가능한 선박의 경우 사고 장소로부터 신속하게 안전한 곳으로 이동시키는 것이 필요하다. 사고 장소로부터의 대피를 통해 사고현장에서 일어날 수 있는 2차적인 피해를 줄일 수 있고 이러한 업무를 수행하는 것은 주로 예인선이라고 할 수 있다. 선박의 예인과 관련된 종래의 연구결과를 살펴보면 선체의 기본저항 이외에 바람, 표류력, 선체표면 거칠기, 천수효과 등 다양한 요소를 고려하여 예인저항을 계산하고 있다(최, 2012). 한편, 선박의 간략화된 모델링과 LQR제어를 통해 목적으로 하는 선박의 움직임을 구현하기 위한 힘과 모멘트를 도출하고 있다(남, 2012).

본 연구에서는 남(2012)의 연구결과를 바탕으로 구해진 힘과 모멘트를 구현하기 위해 선박의 각 예인사 연결 지점에 가해져야 하는 힘을 해석적인 방법을 통해 도출하였다. 이를 통해 사고선박의 효율적인 예선작업에 필요한 예인선의 마력 등을 고려한 예인시나리오의 작성에도 응용 가능할 것으로 판단된다.

2. 본론

2.1 선박의 운동방정식 및 제어

본 연구에서 대상으로 하는 선박의 거동은 Fig.1과 같이 고정 좌표계와 선체위의 물체좌표계로 표현한다.

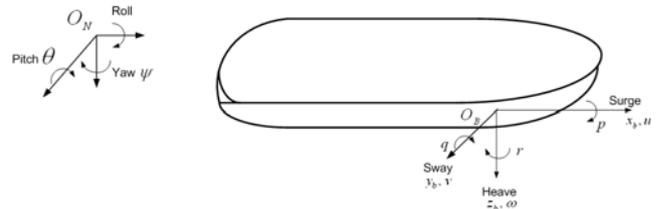


Fig. 1 Coordinate of vessel

이와 같은 선박의 운동방정식은 다음 식 (1)과 같이 표현가능하다(F.I. Fossen, 2000).

$$M\dot{\nu} + C(\nu)\nu = \tau$$

$$\dot{\eta} = J(\theta)\nu \tag{1}$$

식 (1)에 대해 물체좌표계의 x_b, y_b 축에서의 속도와 z_b 축 중심으로의 각속도를 고려하여 운동방정식을 다음 식(2)와 같이 간략화하고 피드백선형화와 상태변수의 목표값과 제어입력의 목표치를 고려한 LQR제어기를 구성할 수 있다(남, 2012).

$$m(\dot{u} - vr) = f_x$$

$$m(\dot{v} + ur) = f_y$$

$$I_z \dot{r} = \tau_z \tag{2}$$

(2)식에서의 f_x, f_y, τ_z 는 선박의 무게중심을 기준으로 한 x, y 축에서의 힘과 z 축에서의 토크를 의미한다.

† 교신저자 (중심회원), tknam@mmu.ac.kr 061)240-7225

* 중심회원, hyun@mmu.ac.kr 061)240-7182

* 일반회원, hjchoi@kiost.ac 042)866-3611

2.2 힘과 토크의 역학관계

(2)식에서의 힘과 토크는 무게중심을 기준으로 한 것으로 이러한 힘과 토크는 Fig. 2와 같이 각 지점에서 가해지는 힘의 합으로도 표현이 가능하다.

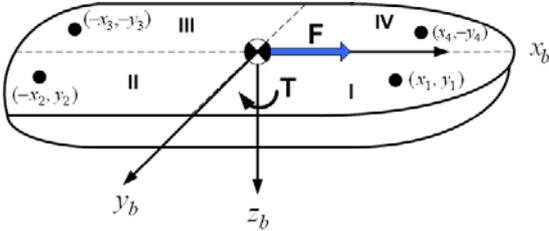


Fig. 2 Relation between forces of C.O.G and towing forces

Fig. 2와 같이 선박을 크게 I, II, III, IV와 같이 나누고 각 지점에서 가해지는 힘을 x, y 축 방향으로 분류하여 $f = [f_{1x}, f_{1y}, f_{2x}, f_{2y}, f_{3x}, f_{3y}, f_{4x}, f_{4y}]$ 와 같이 나타내면 무게중심 (C.O.G, center of gravity)에서의 힘과 각 지점에서의 힘의 관계는 다음과 같이 표현 가능하다.

$$F = T_f f \quad (3)$$

3. 수치시물레이션

대상선박의 체적, 관성력 및 전체길이는 각각 $m = 364,780 [kg]$, $I_z = 4.584 \times 10^7$, $LOA = 52.5 [m]$ 로 하였고, 선박의 자세에 관한 초기값과 목표치는 각각 $q_0 = [0.1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]^T$, $q_r = [0 \ 0 \ \pi/2 \ 0 \ 0 \ 0]^T$ 로 하였다. 초기 위치로부터 무게중심을 중심으로 선수를 90° 회전하기 위한 것이고 이러한 움직임을 달성하기 위해 필요한 추력(힘)과 모멘트는 Fig 3과 같다.

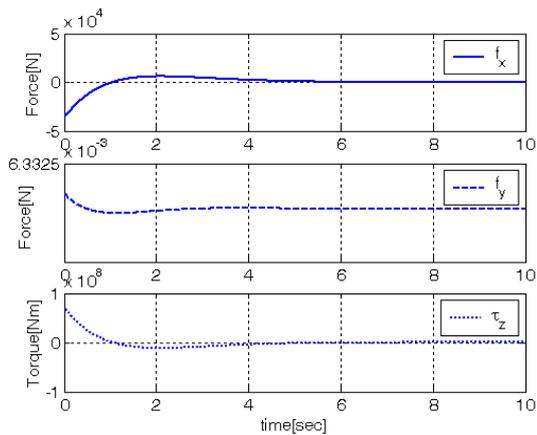


Fig. 3 Control forces on the C.O.G

Fig. 3의 힘을 Fig. 2의 각 4개 지점에서의 x, y 축 방향의 힘으로 분산한 힘 f 는 다음 Fig. 4와 같다.

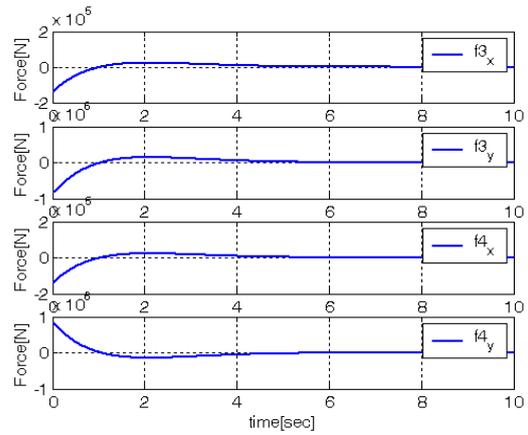
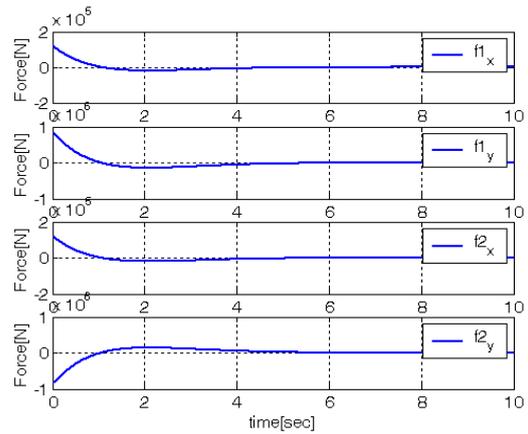


Fig. 4 Component forces on the designated points

4. 결 론

본 연구에서는 사고선박에 대한 예인작업을 고려하여 선박을 움직이기 위해 필요한 힘 및 토크와 예인작을 연결하는 가상 지점에 걸리는 힘과의 관계를 간략화된 선박 운동방정식을 이용하여 분석하였다.

후 기

본 연구는 국토해양부 소관 연구개발사업“ 지능형 해양구난 핵심기술개발(No. D10811511H360000170)”의 연구비지원에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- [1] 최혁진, 김은찬(2012), 손상선박의 예인력 추정을 위한 선박저항 계산 프로그램, 한국해양환경공학회지, 제15권 제2호. pp.150-155.
- [2] 남택근, 정창현, 최혁진(2012), 피예선의 예인력에 의한 추력 및 모멘트에 관한 연구, 한국해양환경공학회 공동학술대회 논문집
- [3] T.I.Fossen(2000), Guidance and Control of Ocean Vehicles, John Wiley & Sons