

닻을 운용한 선체운동 제어

윤 순 동 *

A Study on the Control of Ship Motion using the Anchor Dredging

S. D. Yoon*

< 목 차 >

Abstract

1. 서 론

2. 환경조건의 설정

3. 정식화

3-1. 수학적모델

3-2. 계산결과의 고찰

4. 결 론

5. 참고문헌

Abstract

Ship operators are used to dredge anchor for the collision avoidance or safety of ship handling in a harbour or narrow channel. This paper clarifies the technique using the anchor dredging known as a common sense for the seafarers .

A mathematical model at low speed range has been established for the estimation of ship motion under the assumed environment , simulate the advance speed , and turning ability under the anchor dredging or not. The results shows good agreement with the conventional seamanship and their experiences as follows.

Ahead speed used the anchor dredging is slower(speed reduction ratio:40%) than the normal ahead speed and the stopping distance is shorter (distance reduction ratio:40%)than the normal ahead distance without the anchor dredging..

Turning speed used anchor dredging is slower(speed reduction ratio:72%)than the normal ahead speed and the tactical diameter is shorter(distance reduction ratio:24%)than the diameter by the normal turning without the anchor dredging.

1. 서 론

닻은 선박, 바다의 상징물이며, 대표적인 제어장치로서 오랜 세월동안 운항자 들에게 애용되고 있다. 비좁은 수역에서의 안전조선, 긴급시의 위험 회피 등에 닻 저항이 이용되는데 오래 전부터 전승되어 온 운용술이기 때문인지 관련자료를 찾기가 어렵다. 또한 운항자들을 위한 교육용으로 조선시물레이터가 많이 이용되고 있는데 운용술을 시물레이션하는 번잡함 때문인지 닻의 운용이 제외된 모델이 많다. 보다 사실적인 현실모의를 통하여 효과적인 교육성과를 높일 필요가 있다.

배의 운용술을 구체적으로 표현하고, 정리한다는 의미에서 닻을 운용한 전진시의 감속성능, 선회성능을 파악하여 보았다. 선체 운동식을 이용하여 시물레이션을 수행하고 그 결과를 고찰하여 전통적인 운용술과 일치하는지를 살펴보았다.

2. 환경조건의 설정

수로나 항내등에서의 선박운항은 비좁은 수역과 교통의 폭주로 높은 사고 위험에 노출되어 있다. 다양한 위험으로부터 안전운항을 확보하기 위하여 운항자는 긴장 속에서 최선의 운용술을 발휘하게 된다. 이 때에 동원되는 수단들은 오랜 동안 검증, 체득되어 온 방법들이 많은 데 그 대표적인 것이 닻의 운용이다. 닻의 예인(dredging)저항을 이용하여 저속으로 타력없이 선체를 이동시킨다.^{2,4)} 닻을 예인하면 닻과 해저와의 마찰저항으로 선체의 이동 속력을 감소시켜 선속을 저속으로 만들며, 필요시에는 기관정지로 단시간 내에 선체 정지가 가능하기 때문이다.^{2,5)}

시물레이션에 필요한 환경조건들을 다음과 같이 설정하였다.

- *외력(바람, 조류, 파랑 등)은 없다.
- *여유 수역은 충분하여 운항 장애물의 영향이 없다.
- *수심은 천수 영향이 현저하지 않을 정도로 깊다.
- *대상선은 중. 소형선, 선속은 중. 저속으로 한정한다.
- *속력체감, 선회 등은 통상적인 운용술에 따르고, 인간-기계계는 조화된다.
- *닻은 선회측의 선수 닻을 투하하며, 계선 장치에 무리 없는 저속에서 수행한다.
- *신출한 체인은 short stay(1.5 scope)상태로 한다.
- *저질은 보통의 뺨 또는 모래이다.

전진시 선속이 빠르면 전진운동이 지배적이어서 전진 성분을 중심으로 한 수학모델이 정립되어 있고,⁶⁾ 저속 항주시에는 횡이동과 회전이 우세하여져 횡 이동, 회전운동 성분을 중

심으로 하고 전진성분이 부분적으로 결합되는 저속시 수학모델이 제안되어 있다.^{1,3)}

1) 선체의 운동방정식

$$(m + m_x) \dot{u} - (m + m_y)vr = X$$

$$(m + m_y) \dot{v} + (m + m_x)ur = Y$$

$$(Iz + Jz) \dot{r} = N - x_G Y$$

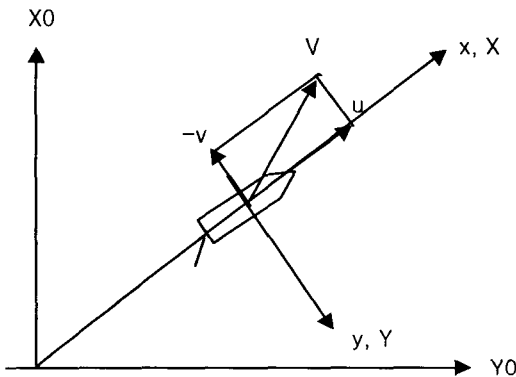


Fig.1 co-ordinate system

$$X = X_H + X_P + X_R + X_A$$

$$Y = Y_{HP} + Y_R + Y_A$$

$$N = N_{HP} + N_R + N_A$$

(1) HULL 에 작용하는 유체력

$$X_H = 0.5 \rho LdV^2 \{ X'_{uu}u' |u'| + X'_{vr}v'r' \}$$

$$Y_H = 0.5 \rho LdV^2 \{ Y'_{vv}v' + Y'_{ru}r' + Y'_{vv}v' |v'| + Y'_{vr}v'|r'| + Y'_{ru}r'|r'| \}$$

$$N_H = 0.5 \rho L^2 dV^2 \{ N'_{vv}u'v' + N'_{rr}r' + N'_{vvr}v'^2r' + N'_{vrr}u'v'r'^2 + N'_{rrr}r'|r'| \}$$

(2) 추진기에 의한 추력

$$X_p = 0.5 \rho LdV^2 (1-t)n^2 D^4 (C_1 + C_2J + C_3J^2)$$

(3) 닻에 의한 예인저항 및 모우먼트

선체 운동시에 닻은 운동에 저항하는 성질을 가지므로 유체력과 같이 취급할 수 있다. 닻을 예인(dredging)시에는 운동시에 발생하는 일종의 마찰저항으로 보아서 x 축방향의 저항력 X_A 는 예인시 약산식으로 쓰이는 (과주계수(λ_a) x 닻의 무게(Wa))로 나타내고,^{4,7)} y 축 방향의 저항력(Y_A)은 X_A 의 (횡 속도/전진속도)배에 비례한다고 간주한다. 닻을 예인하면서 선회하면 선회 모우먼트에는 유체력 모우먼트와 유사한 영향을 미친다. X_A 증가와 함께 선회권이 작아지고, 각속도가 커져서 유체력 모우먼트가 증가된 것과 같은 효과를 가

지므로 닻의 예인중 선회모우멘트(N_A)는 (X_A x 거리(ℓa))로서 나타낼 수 있다.

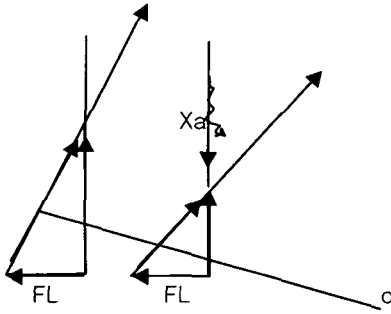


Fig.2. Y force caused by anchor dredging

① 선회시 닻의 예인저항

$$X_A = -\lambda_a \cdot Wa$$

$$Y_A = \frac{v}{u} (\lambda_a \cdot Wa)$$

$$N_A = \lambda_a \cdot Wa \cdot \ell a$$

② 직진시 닻의 예인저항

$$X_A = -\lambda_a \cdot Wa$$

$$Y_A = 0.0$$

$$N_A = 0.0$$

(4) 키에 의한 유체력

$$X_R = -(1 - t) F_N \sin \delta$$

$$Y_R = -(1 + a_H) F_N \cos \delta$$

$$Y_R = -(x_R + a_H x_H) F_N \cos \delta$$

$$F_N = 0.5 \rho A_R V_R^2 (6.13 \lambda / (\lambda + 2.25)) \sin \alpha_R$$

$$V_R = \sqrt{(u_R^2 + v_R^2)}, \quad \alpha_R = \delta - \gamma (\beta - \ell_R' r')$$

$$\gamma = C_p C_s$$

$$C_p = 1 / \sqrt{(1 + 0.6 \eta (2 - 1.4s) / (1 + s)^2)}$$

$$C_s = 0.45 \mid \beta - \ell'_{Rr'} \mid : \mid \beta - \ell'_{Rr'} \mid \leq 1.111$$

$$C_s = 0.5 : \mid \beta - \ell'_{Rr'} \mid > 1.111$$

$$\eta = D/H$$

$$s = 1 - u(1 - w_p)/nP$$

$$u_R = \varepsilon \eta P \sqrt{1 - 2(1 - \eta \kappa)s + [1 - \eta \kappa(2 - \kappa)]s^2}$$

$$v_R = u_R \tan \{ \gamma (\beta - \ell'_{Rr'}) \}$$

$$\varepsilon = (1 - w_R) / (1 - w_P)$$

$$\kappa = 0.6 / \varepsilon$$

$$w_R = w_P w_{R0} / w_{p0}$$

$$w_p = w_{p0} \exp [-4.0 (\beta - x'_{Pr'})^2]$$

$$\dot{n} = [n^* - n] / T_n$$

$$\dot{\delta} = (\delta^* - \delta) / T_e : \mid \delta^* - \delta \mid \leq T_e \mid \dot{\delta}_{\max} \mid$$

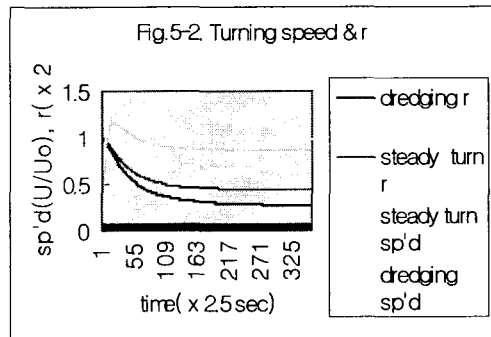
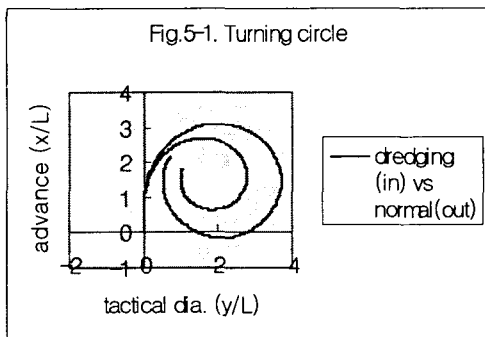
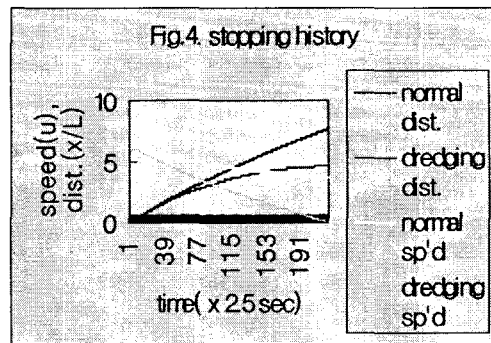
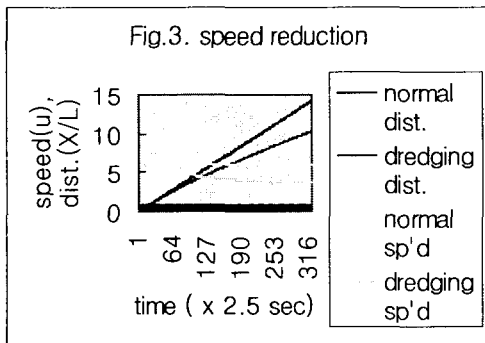
$$\dot{\delta} = \text{sign} (\delta^* - \delta) \mid \dot{\delta}_{\max} \mid : \mid \delta^* - \delta \mid > T_e \mid \dot{\delta}_{\max} \mid$$

table 1. ship's particulars

LBP	L(m)	175.0
Breadth	B(m)	25.4
Draft	d(m)	8.5
Trim	τ (m)	1.09
Block coefficient	Cb	0.559
Rudder area		33.0
Rudder aspect ratio	λ	1.8219
Propeller diameter	D(m)	6.533
Propeller pitch ratio	P/D	1.009
Ahead speed	(kt)	9
Engine Revolution	(rpm)	44.5
Ahead Speed	(kt)	6
Engine revolution	(rpm)	29.69

table 2. Hydrodynamic derivatives & coefficients

m_x/m	0.075	W_{po}	0.26
m_y/m	0.721	W_{Ro}	0.25
J_z/ mL^2	0.042	t	0.20
X'_{uu}	-0.00957	C_t	0.00013
X'_{vr}	-0.0663	C_1	0.5277
Y'_{vv}	-0.0663	C_2	-0.4264
Y'_{vr}	-0.31193	C_3	-0.115
Y'_{rr}	-0.03461	T_e	2.5 sec
N'_{vv}	-0.40217	$ \delta_{max} $	3 deg/sec
N'_{vr}	-0.0368	T_n	15 sec
N'_{rr}	-0.0247	W_a	7200 kg
X'_{uv}	-0.0663	λ_a	1.5
X'_{vr}	-0.0663	l_a	175 m
X'_{vr}	0.01004	l_r	-0.9
X'_{rr}	-0.0247		



3. 계산결과의 고찰

시뮬레이션 계산은 일반적인 상황과 유사하게 모의하기 위하여 직진시의 저항시험(Fig.3)은 닷 투하 명령을 받고, 닷을 투하(닷 투하 소요시간은 15초)한다. 정지타력시험(Fig.4)은 정상 직진 중에 기관회전수 0을 명령받고, 기관조작(기관 조작 소요 시간 30초)하며, 닷 투하 명령을 받고, 닷을 투하(닷 투하 소요시간은 15초)한다. 선회시험(Fig.5)은 조타 선회 중에 닷을 투하(소요시간 15 초)하는 경우에 대하여 관찰한다.

Fig.3에서 등속직진(6 kt) 중에 닷을 투하하여 예인하면 전진속력이 감소되어 속력 3.7 kt(감속율 40 %)에서 일정하다. 등속직진시의 진출거리(Advance)는 15L(800 sec경과), 닷 예인시에는 10L(거리감소율 33 %)이 된다. 이러한 경향은 전통적인 운용술과 비교적 잘 일치함을 알 수 있다.^{2,5)}

Fig.4에서 등속직진(6 kt)중에 정지타력(기관정지)은 555 sec 경과시 전진속력 3.65 kt가 닷을 투하하여 예인하면 전진속력 0 이 된다. 진출거리는 7.6L(555 sec 후)이 닷을 투하 예인 시에는 진출거리 4.6L(거리감소율 40 %)로 변화한다.

Fig. 5에서 등속직진(9 kt) 중에 전타(35°) 선회하면 선속은 감소되어 속력 4 kt(감속율 55 %)에서 일정하다. 닷을 투하 예인하면서 선회하면 속력 2.5 kt(감속율 72 %)에서 일정하다. 각속도는 정상 선회시 0.43° /sec, 닷 예인 중에는 0.49° /sec로 각속도 증가율이 14 %가 된다. 정상 선회시에 Tactical diameter는 3.7 L인 데,⁸⁾ 닷 예인하면서 선회하면 2.8 L-거리감소율 24 %가 된다. 270도 선회부근에서 정상선회경과 비교하여 선회경 감소(거리감소율 26%)가 크다. 이러한 경향들은 전통적인 운용술⁴⁾ 및 운항자들의 경험들과 일치함을 보여주고 있다.

4. 결론

닷을 운용한 경우에 대하여 시뮬레이션을 통한 선체의 운동을 고찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1). 등속 직진 중에 닷을 투하하여 예인하면 전진속력이 40 % 정도 감소되며, 진출거리는 33 % 정도 감소된다.
- 2). 정지타력시 닷을 투하 예인할 때의 진출거리는 정상직진과 비교하여 40% 감소된다.
- 3). 닷을 예인하면서 선회하면 Tactical diameter는 정상선회와 비교하여 24 % 감소된다. 270도 선회부근에서 선회경 감소비율(26 %)이 크다.

선체의 운동제어에 관한 광범위한 분석이 필요하고, 보다 실증적인 검토를 위하여 실선자료들을 수합하여 고찰하여 볼 필요가 있다.

참고문헌

- 1) 손경호, 저속시 선체에 작용하는 조종 유체력 및 조종성능에 관한 연구, 한국항해학회지, 제15권 제4호, pp.27-39, 1991
- 2) 윤점동, 선박조종의 이론과 실무, 세종 출판사, pp.122 - 129, 1993
- 3) 손경호, 선박의 조종성능 평가를 위한 수학적모델에 관한 연구, 한국해양대학 선박공학연구소, 1989
- 4) 本田啓之輔, 操船通論, 成山堂書店, p.113, 1986
- 5) 中道利雄, 曳船操船, 海文堂, pp.69-70, 1979
- 6) Kose et al, MMG Report I, II, III, IV, V, Journal of the Society of the naval Architecture of Japan, No. 575,(1977), 577(1977), 578(1977), 579(1977), 616(1980)
- 7) R.C.Vold and John Eie, Anchor Holding Tests in the Norwegian Trench, Offshore Technology Conference(OTC 4529), pp.149-158, 1983
- 8) K.S.M. Davidson, On the Turning and Steering of Ships, SNAME. Vol. 52, p.291,1944