

예부선의 유체력 간섭 특성에 관한 연구

이상민* · 조상희**

* 군산대학교 해양생산학전공 , ** 군산대학교 대학원

Characteristic of Hydrodynamic Interaction on Tug-Barge

Sang-Min Lee* · Sang-Hui Jo**

*, ** Major in Marine Science & Production, Kunsan National University, Kunsan, 573-701, Korea

요 약 : 예부선 운항 시 부두의 접안, 이안 및 좁은 수로를 항행할 경우 접할 수 있는 안벽근처의 항행과, 두 선박이 접근하여 평행항로 상을 반대 방향으로 항과 할 경우의 유체력 상호작용을 살펴보기 위하여, 본 연구에서는 예선의 부선 예항 시뮬레이션을 실시한 후 부선의 선수방향, 예선의 회두 모멘트와 횡방향의 힘과 같은 유체력 특성을 조사 및 분석하여 그에 따르는 안전한 예부선의 조선방안을 제시하였다.

핵심용어 : 선박조종시뮬레이션, 상호작용, 침로안정성, 예부선

Abstract : In order to investigate the hydrodynamic interaction between the tug-berge and bank or ship which is crossing to the opposite direction, we have executed the towing simulation of tug-berge transportation. Heading of barge, yaw moment and lateral force of tug boat are obtained by this simulation. We have analyzed the characteristics of results and propose the safety towing method for tug-berge operation.

Key Words : Ship Handling Simulation, Interaction, Stability of course, Tug-Berge

1. 서 론

현재의 예부선은 대형 선박의 접·이안, 비 자항선의 예항·압항, 해상건설업, 해상운송업, 구난 작업 등 다양한 방법에서 주도적인 역할을 담당하고 있다(이, 2007). 그러나 대형화 및 척수 증가와 더불어 예부선의 해양사고의 발생 빈도 또한 증가되고 있는 실정이다. 최근 국토해양부 및 국내의 예부선 업계에서도 예부선 운항에 대하여 여러 가지 노력을 기울이고 있다. 예부선의 운항 특성상 부선에 의하여 그 조종성능이 제한되어 안전상 많은 주의가 요구된다. 특히 선미에인에 따른 조선은 사고발생 위험이 높기 때문에 항행 시 각별한 주의가 필요하다(임 등, 2005). 특히 예부선의 해양사고 중에서 충돌, 침몰, 좌초 등 3가지 사례가 전체 사고의 72%를 차지하는 바(국토해양부, 2008) 이에 따른 예부선의 안전운항방안에 대하여 검토가 필요할 것이다.

본 연구에서는 예부선 운항 시 부두의 접·이안, 좁은 수로 항행 시 접할 수 있는 안벽근처의 항행, 두 선박이 접근하여 평행항로상을 반대방향으로 항과 할 경우 유체력의 상호작용에 따른 예부선의 운항 특성을 살펴보기 위하여 Transas사에서 개

발된 SHS(Ship Handling Simulator)를 이용하여 Tug-Berge 단독 운항, Bank to Tug-Berge, Ship to Tug-Berge 등의 안벽이나 교차하는 선박과 예부선에 대한 상호 유체력 간섭현상의 특성을 시뮬레이션상의 수학모델을 이용하여 조사하였으며, 부선의 선수방향, 예선의 회두 모멘트와 횡방향의 힘과 같은 결과의 도출과 분석을 통하여 그에 따르는 안전한 예부선의 조선방안을 제시하고 나아가 예부선에 의한 해양안전사고 예방에 이바지함을 목적으로 한다.

2. 선박조종시뮬레이션 개요

선박조종 시뮬레이션은 선박조종을 모의로 실험함으로써 선박운항의 안정성을 검증할 수 있는 장비이다. 본 연구에서는 Transas사에서 개발된 SHS(Ship Handling Simulator)를 이용하여 예부선의 침로 안정성과 관련된 시뮬레이션을 실시한다. 본 연구에서 사용된 선박조종 시뮬레이터의 하드웨어 및 소프트웨어는 국제해사기구(IMO)에서 권장하는 선박조종시뮬레이터의 성능 요건을 만족하며 설치전경은 Fig. 1과 같다.

* 대표저자: 종신회원, smlee@kunsan.ac.kr 063)469-1814

** 비회원, shjo@kunsan.ac.kr 063)469-1811



Fig. 1. Photo of ship handling simulator system.

3. SHS의 주요기능

선박조종 시뮬레이터는 도선사, 선장 및 항해사의 선박조종 훈련과 항만개발에 사용되는 모의 선박조종 장비로서 연구에 이용될 수 있는 기능은 다음과 같다(NAVI-TRAINER 4000, 2003).

- ① 최적 통항수로의 계획 및 설계(Optimal channel design)
 - 심흡수선 통항수로 설정
 - 통항선을 위한 수로폭의 결정
 - 안전한 수로, 묘박지 및 조선장소의 설계
 - 도크(Dock) 및 교량 접근수로의 폭 및 배치
- ② 항만 및 항로 설계의 타당성 검증
 - 안전한 조선 및 하역을 위한 항로 및 부두의 조건
 - 안벽 및 방파제의 설계 및 배치
 - 하역작업을 위한 부두와 터미널의 위치
 - 항로표지의 위치 등에 관한 타당성 검증
 - 계류 시스템에 대한 검증
- ③ 위험 평가(Risk assessment)
 - 제한수로에서 위험감소 전략 및 이를 위한 통제
 - 새로 개발된 항내에서의 선박운항의 제한
 - 선박통항을 위한 교통통제시스템의 필요조건
 - 교통환경, 기상조건, 항로요소 등을 고려한 선박의 안전 통항 절차
- ④ 예인선 사용 및 절차
 - 특정 부두에서의 안전유지를 위한 최소 소요 예선의 마력, 척수의 결정
 - 특정 부두에서의 예선 사용 절차
- ⑤ 선회장의 규모 및 위치 결정
 - 특정 선형 선박의 부두 접·이안을 위한 선회장의 규모 결정
 - 조종수역에서의 선회장 위치 결정
- ⑥ 충돌, 좌초 등 해상 사고의 재현 및 분석

- ⑦ 선박조종에 관련된 물리적 외력(바람, 조류, 파랑, 예선 및 계류삭 등)에 관한 연구
- ⑧ 입·출항 및 접·이안 조종 훈련
 - 접안 및 이안, 부표 계류 등과 같이 저속 조종시의 훈련

4. 선박조종시뮬레이션의 실행

4.1 지형-지물 데이터베이스

선박조종시뮬레이션을 위한 데이터베이스는 지형 지물 데이터 베이스, 선박 데이터 베이스의 2가지로 이루어진다. 시뮬레이션 대상 항만에 대한 2차원 영상데이터 베이스는 SHS 프로그램의 해당수역의 해안선 지형, 수심 등이 설정되어 있는 데이터를 전자해도에서 참조 하였다. Fig. 2는 안벽부근을 항해하는 예부선의 시뮬레이션을 실행하기 위해 설정한 해역을 나타내고 있다.

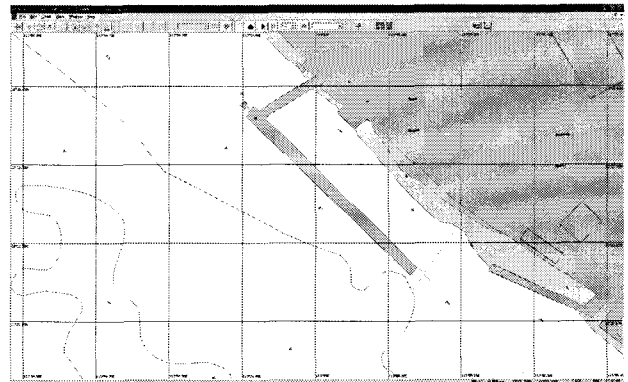


Fig. 2. Simulation area around the bank.

4.2 선박 데이터베이스

시뮬레이션에 사용된 모델 선박은 총 3가지로 Tug, Barge, VLCC 로 구성되어 있으며 Table. 1과 Fig. 3에 기본적인 제원과 그림이 나타나 있다.

Table 1. Principal particulars of model ship

구분	배수량 (t)	전장 (m)	폭 (m)	흘수 (m) (Bow, Stern)	출력 (kw)
Tug	535	32	10	3.0, 4.3	2×1104
Barge	318	47	16	0.6	
VLCC	321,260	332	58	20.8	23,493



Fig. 3. 2,959hp Tug and Barge.

Table 2. Scenario of ship handling simulation

시나리오	대상선박	속도	예인삭 길이	Bank 또는 VLCC와의 통과거리	예인방법
S-1	Tug Barge 단독 운항	Slow (7.3kt)	1L	-	선미예인
S-2			2L	-	
S-3			3L	-	
S-4		Dead Slow (5.4kt)	1L	-	
S-5			2L	-	
S-6			3L	-	
S-7	Tug Barge의 안벽부근 운항	Slow (7.3kt)	1L	1.5B	
S-8				1.75B	
S-9				2B	
S-10			2L	1.5B	
S-11				1.75B	
S-12				2B	
S-13		3L	1.5B		
S-14			1.75B		
S-15			2B		
S-16		Dead Slow (5.4kt)	1L	1.5B	
S-17				1.75B	
S-18				2B	
S-19			2L	1.5B	
S-20				1.75B	
S-21				2B	
S-22		3L	1.5B		
S-23			1.75B		
S-24			2B		
S-25		Tug Barge와 VLCC의 마주치는 상태	Slow (7.3kt)	1L	1.5B
S-26					1.75B
S-27					2B
S-28				2L	1.5B
S-29					1.75B
S-30					2B
S-31	3L		1.5B		
S-32			1.75B		
S-33			2B		
S-34	Dead Slow (5.4kt)		1L	1.5B	
S-35				1.75B	
S-36				2B	
S-37		2L	1.5B		
S-38			1.75B		
S-39			2B		
S-40	3L	1.5B			
S-41		1.75B			
S-42	2B				

4.3 선박조종시뮬레이션 시나리오

[S-1]~[S-6]은 안벽과 선박간의 상호작용이 일어나지 않는 예부선 단독 시뮬레이션이고, [S-7]~[S-24]는 안벽에서 나타나는 상호작용을 알아보기 위하여 예인삭 길이별, 안벽과의 떨어진 거리의 차이별로 시뮬레이션을 실시하였다.

또한 [S-25]~[S-42]는 [S-1]~[S-6]의 상황에 VLCC와 상호 마주치는 상황에 대한 예부선의 상호작용을 살펴보기 위한 시뮬레이션에 해당된다. 예부선의 고유 운항특성을 파악하기 위하여 외력(조류, 바람)의 영향은 없도록 하였다. 예인삭 길이와 안벽, VLCC와의 횡방향 통과 거리의 기준은 모두 부선의 길이와 폭을 기준으로 하였고, 상호 마주치는 상황의 VLCC의 속도는 full speed로 고정하였다.

4.4 선박조종시뮬레이션 방법

본 연구에서의 선박조종시뮬레이션 모델 선박은 2,959마력급 예인선, 배수량 318톤급 부선 및 321,260톤급(DWT) VLCC를 대상선박으로 선정하여 실시하였다. 선박조종시뮬레이터를 이용하여 앞에서 기술한 시나리오 조건에서의 예부선에 대한 유체력 특성에 대하여 조사하였으며 시뮬레이션의 전 과정은 다음의 순서에 따라 수행하였다. 이와 같은 과정에 의해 실시한 시뮬레이션 결과 모습이 Figs. 4~10에 나타나 있다.

- ① 데이터베이스의 개발
검토 해역에서의 선박의 조종에 영향을 주는 지형 및 안벽, 항로표지, 수심 등의 자료를 토대로 실제와 같은 상황 재현이 가능하도록 대상해역을 선택하였다.
- ② 모델선박의 선정
본 연구에서는 예부선의 유체력 특성을 분석하기 위하여 2,959마력급 예인선, 배수량 318톤급 부선 및 321,260톤급 VLCC를 대상선박으로 선정하였다.
- ③ 예비 시뮬레이션
설정된 표준조종모델의 타당성을 검증하고 필요에 따라 모델을 수정하기 위해 예비 시뮬레이션을 실시하였다.
- ④ 실제 시뮬레이션
예비 시뮬레이션 이후 조종 모델을 수정하여 선박조종시뮬레이션 시나리오상의 시뮬레이션을 실시하였다.
- ⑤ 평가
위의 시뮬레이션 결과 수집된 자료들을 바탕으로 barge의 heading, tug선의 lateral force, yaw moment, sway, yaw 항목을 분석 및 평가하였다.

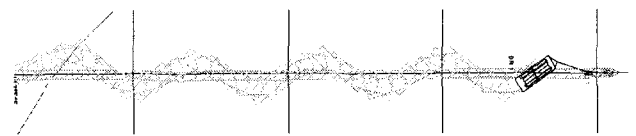


Fig. 4. Tug-Barge (1L).

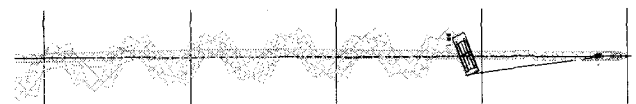


Fig. 5. Tug-Barge (3L).

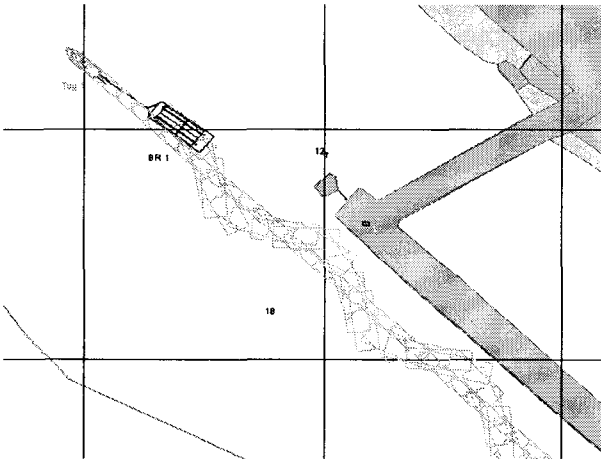


Fig. 6. Tug-Barge to Bank (1L).

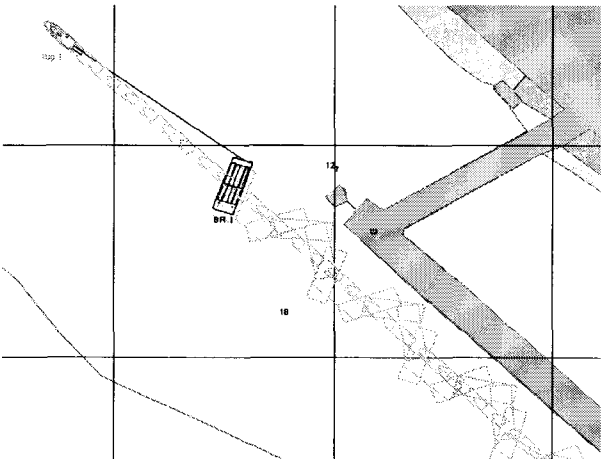


Fig. 7. Tug-Barge to Bank (3L).

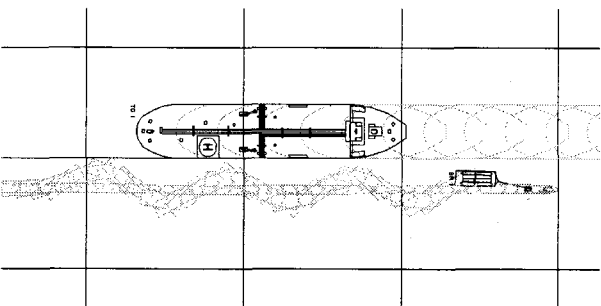


Fig. 8. Tug-Barge to VLCC (1L).

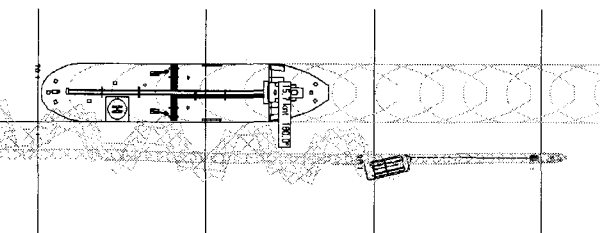


Fig. 9. Tug-Barge to VLCC (3L).

4.5 시뮬레이션 분석

(1) 예인삭 길이의 영향

Tug-Barge 단독항행의 경우 예인삭의 길이를 1L, 2L, 3L로 하여 시뮬레이션을 실시하였다. 이때 'L'은 부선의 전장을 기준으로 하였다. Figs. 10과 11에서 보여지듯 '1L'에서는 부선의 회두가 가장 적음을 알 수 있고 '3L'에서는 부선의 회두가 가장 크게 나타나고 있음을 알 수 있다.

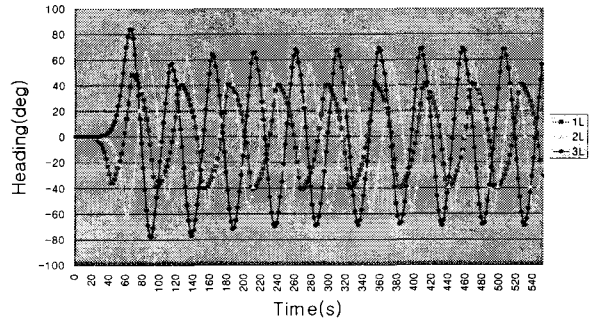


Fig. 10. Comparison of the heading of barge at different towing line(v=7.3kts).

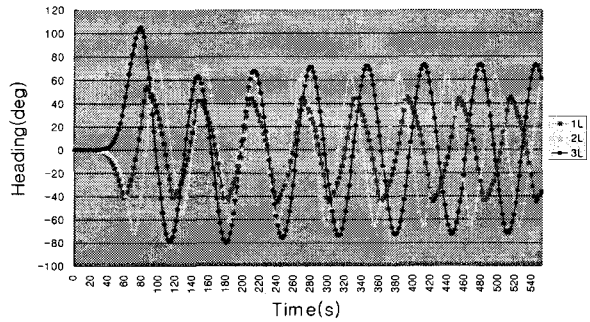


Fig. 11. Comparison of the heading of barge at different towing line(v=5.4kts).

(2) 안벽, 교차선박과의 통과거리에 따른 영향

Bank to Tug-Barge, Ship to Tug-Barge의 통과거리는 1.5B, 1.75B, 2B로 하여 시뮬레이션을 실시하였다. 이때 'B'는 부선의 선폭을 기준으로 하였다. Figs. 12와 13에서 보여지듯 안벽이나 교차선박과의 거리가 가까워질수록 예선에 대한 lateral force, yaw moment가 커지고 있음을 알 수 있다. 그러나 그 차이가 비교적 미소하여 부선의 회두에 미치는 영향은 그리 크지 않은 것으로 판단된다.

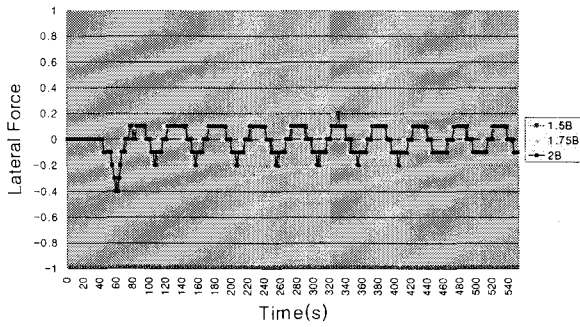


Fig. 12. Comparison of the lateral force of tug at different distance between the bank and barge ($v=7.3kts$, $l=3L$, state=Bank).

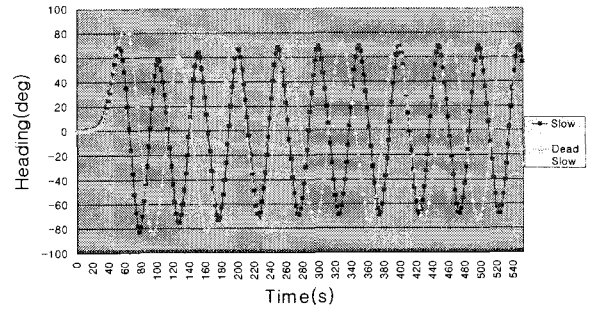


Fig. 15. Comparison of the heading of barge at different ship speed ($v=7.3kts$, $5.4kts$, $y=1.75B$, $l=3L$, state=bank).

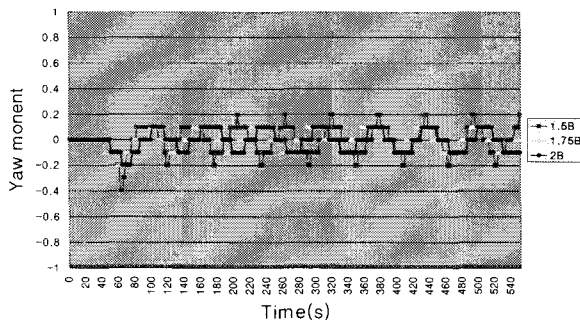


Fig. 13. Comparison of the yaw moment of tug at different distance between the bank and barge ($v=7.3kts$, $l=3L$, state=Bank).

5. 결론

본 연구에서는 예부선 운항시 부두의 접·이안, 좁은 수로 항행시 접할 수 있는 안벽근처의 항행, 그리고 두 선박이 평행 항로상의 반대방향으로 항과할 경우의 시뮬레이션을 실시하여 부선의 선수방향, 예선의 회두 모멘트와 횡방향의 힘 등에 대한 특성을 조사한 결과 다음과 같은 내용을 파악할 수 있었다.

예부선 항행시 예선과 부선에 연결된 예인사의 길이가 짧을 수록 부선의 회두가 적어짐을 알 수 있다. 또한 예부선에 대한 안벽이나 교차 선박과의 통과거리가 짧을수록 예선의 lateral force, yaw moment가 조금 커지는 현상이 발견되었지만, 통과 거리의 차이는 예선의 sway, yaw 및 선수방향에 크게 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다.

예선의 선속에 따른 부선의 회두는 선속이 느릴 경우 부선의 회두는 커지고 예선의 sway, yaw는 작아졌다. 그에 반하여 예선의 선속이 빠를 경우 부선의 회두는 적어지나 예선의 sway, yaw는 커짐을 알 수 있다.

예부선의 침로 안정성을 확보하기 위해서는 선속을 높이고 예인사를 줄여 항행하는 것이 안전 예방 업무에 도움이 될 것으로 판단된다.

참고 문헌

- [1] 국토해양부 국토해양통계(2008), <http://badasori.momaf.go.kr>.
- [2] 이상평 (2007), 우리나라 曳浮船業의 競爭力 強化方案에 관한 研究, 한국해양대학교 산업대학원 석사학위논문, pp.26-50.
- [3] 임남균, 박성현, 박계각, 서기열(2005), 예부선 운항 안전 현황 연구, 2005년도 해양환경안전학회 추계학술발표회 논문집, pp.41-46.
- [4] NAVI-TRAINER 4000, Instructor manual, Transas Ltd. Nov., 2006.

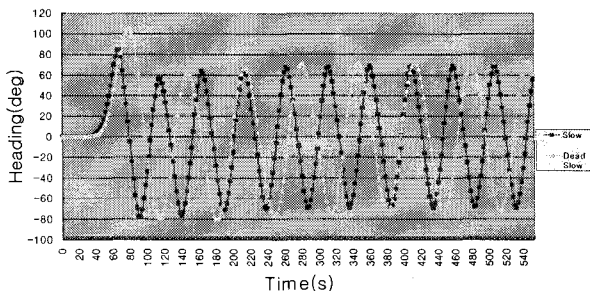


Fig. 14. Comparison of the heading of barge at different ship speed ($v=7.3kts$, $5.4kts$, $l=3L$).