

에인삭 및 브라이들이 부선의 회두운동에 미치는 영향

유 철* · † 이상민

*군산대학교 대학원, † 군산대학교 해양생산학과 교수

The Effect of Towline and Bridle on the Slewing Motion of Barge

Chol Yu* · † Sang-Min Lee

* Graduate School of Kunsan National University, Kunsan, 573-701, Korea

† Dept. of Marine Science and Production, Kunsan National University, Kunsan, 573-701, Korea

요 약 : 예부선이 항행할 경우 부선의 회두운동으로 인하여 예선의 조종성능에 제한을 받기 때문에 부선의 회두운동을 감소시켜야 안전한 예항업무를 이행할 수 있다. 본 연구에서는 에인삭의 길이, 에인삭속도, 브라이들의 유무 및 브라이들의 길이에 따른 부선의 회두운동을 살펴보기 위하여 선수형상이 다른 두 개의 부선 모델을 대상으로 수조실험을 실행하였다. 수조실험은 외력의 영향이 없는 정수중 상태에서 실행하였으며, 에인삭은 와이어 로프를 사용하였다. 에인삭의 길이는 부선의 전장(L)을 기준으로 하여 1L 및 2L로 하였으며, 실험 결과 부선의 회두운동은 에인삭의 길이가 길어질수록 부선의 회두각도가 작아지며, 에인삭속도는 회두각도에 큰 차이를 발생시키지 않는 것으로 나타났다. 또한 에인삭만 연결한 것보다 에인삭에 브라이들을 연결하여 브라이들의 길이를 길게 해주는 것이 효과적으로 부선의 회두운동을 감소시킬 수 있다는 것을 확인하였다. 따라서 예부선의 안정성 확보를 위해서는 에인삭의 길이를 길게 하고 브라이들을 설치하여 예방하는 것이 안전예항 업무에 도움이 될 것으로 판단된다.

핵심용어 : 에인삭, 부선, 회두각도, 회두운동, 에인삭속도

Abstract : When a tug-barge navigates in the water, maneuvering ability of a tug is affected by the slewing motion of barge. Therefore it is necessary to decrease the slewing motion of a barge for safe towing work. We chose two different types of barge model and investigated their motion depending on the existence of bridle, towing speed and length of towline. The experiments are performed in the still water using the wire rope for the towline. A longer towline makes the heading angle smaller. The towing speed does not largely affect the turning of barge. Finally, it is noted that the bridle of a towing line decrease the slewing motion of barge more effectively.

Key words : Towline, Barge, Heading angle, Slewing motion, Towing speed

1. 서 론

현재의 예선은 대형 선박의 접·이안, 비 자항선의 예항 및 압항, 해상건설업, 해상운송업, 구난 작업 등 다양한 방면에서 활용되고 있다(이 등, 2007).

예부선은 점차 대형화 및 척수 증가와 더불어 해양사고의 발생빈도 또한 점차 증대되어 예부선의 충돌사고는 일반 선박 사고율보다 40% 이상 높은 비율을 나타내고 있다(해양수산부, 2003). 이에 안전한 예항 업무를 위해 예부선 결합선박의 문제점과 개선방안(박 등, 2005), 피예항 부선의 진로안정성에 관한 연구(Tatano, 1982), 예항시 에인삭 장력에 관한 연구(Hara et al., 1993), 예부선 야간 항해시 에인삭 식별 향상 방안에 관한 연구(김 등, 2010) 등 예부선의 안전운항에 대한 개선 방안이 제안되고 있다.

예부선 사고 중 선미예인 방식에 의한 사고가 타 예부선 운

항형태에 비하여 사고율이 높게 나타나고 있다(임 등, 2006). 이와 같은 이유는 선미예인 방식이 실무에서 가장 많이 사용되고 있고, 예인시 부선의 회두운동으로 인하여 예선의 조종성능이 제한되기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 안전예항 업무를 이행하기 위해 선미예인시 부선의 회두운동을 최소화하기 위한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 가장 안정적인 선미예인 방식을 파악하기 위해 실무에서 많이 사용되고 있는 선수형상이 다른 두 개의 부선 모델을 대상으로 수조실험을 실시하여 부선의 선수형상, 에인삭의 길이, 브라이들의 유무 및 브라이들의 길이에 따른 부선의 회두운동을 조사, 분석하였다. 이와 같이 수행된 수조실험 결과를 이용하여 브라이들의 유무 및 에인삭의 길이가 부선의 회두운동에 미치는 영향을 분석함으로써 선미예인 시 가장 안전한 예인방법을 파악하고자 한다.

* 연희원, 6kcomarine@daum.net 063)469-1813

† 교신저자 : 종신회원, smlee@kunsan.ac.kr 063)469-1814

2. 수조실험의 실행

2.1 부선의 제원

수조실험에 사용된 모델 부선은 실무에서 자주 접할 수 있는 선수형상이 다른 두 종류의 부선으로 상자형 모델 KNU-001과, 육각형 모델 KNU-002로 구성되어 있으며 Table 1과 Fig. 1에 기본적인 제원과 그림을 나타내었다.

Table 1 Principal particulars of model ship (full load)

Classification	KNU-001		KNU-002	
	Actual	Model	Actual	Model
Displacement(m ³)	1,474.0	0.01179	1,389.0	0.01111
LOA(m)	50.0	1.0	50.0	1.0
Breadth(m)	12.0	0.24	12.0	0.24
Draft(m)	2.8	0.056	2.8	0.056
Cb	0.8772		0.8267	



Fig. 1 KNU-001(left), KNU-002(right) model

2.2 예인삭 연결 방법

부선을 연결하는 예인삭은 와이어 로프를 이용하였으며 와이어 로프는 지경 1mm의 로프로써 실무에서 사용하고 있는 와이어 로프와 소선수 및 꼬임방향이 동일한 형태의 것을 사용하였다. 부선에 예인삭만 직접 연결한 경우와 예인삭에 브라이들을 설치하여 연결하는 두가지 방법을 채택하였다. 여기서 브라이들이란 물체를 예인할 때 예인삭에 걸리는 하중을 분산하고, 일정한 각도로 끌고가기 위해 예인삭에 연결한 삼각형 모습을 한 예인줄을 의미한다. 브라이들을 설치하지 않은채 예인삭만 연결하고 예인삭의 길이는 부선의 길이와 같게 하며 스케그가 없는 부선을 7노트의 속도로 예인하는 경우, 부선의 회두각이 좌우 각각 40도 정도의 큰 진폭을 나타내고 있다는 연구가 발표되었다(Yasukawa et al., 2006). 그러나 브라이들과 관련된 연구는 아직 시행되고 있지 않아 본 연구에서는 브라이들의 유무 및 형태에 의한 부선의 회두운동에 미치는 영향을 파악하기 위하여 아래와 같은 시나리오를 토대로 수조실험을 수행하였다.

Fig. 2는 예인삭의 길이 l 과 브라이들의 길이 l_b 에 대한 모습을 나타내고 있으며, 'L'은 부선의 전장을 의미한다.

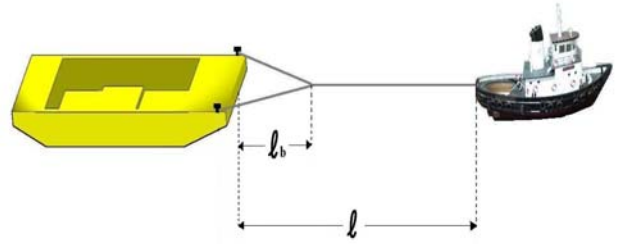


Fig. 2 Shape of bridle

2.3 수조실험 시나리오

본 연구에서는 Table 2와 같이 예인형태를 구분하여 군산대학교 회류수조실(14.4m×2.4m×1.7m; 길이×폭×깊이)에서 실험을 수행하였으며, 모형선이 수조 벽 근처에 접근하는 현상은 없었고 회두운동에 측벽영향이 미치지 않는 것으로 판단되었다. [T-1]과 [T-2]는 브라이들을 설치하지 않고 예인삭만 연결한 상태로 선속 및 예인삭의 길이를 다르게 하여 실험을 실시하였다. 또한 [T-3]~[T-10]은 예인삭과 브라이들을 연결한 상태로 선속별, 예인삭 길이별 및 브라이들의 길이에 따른 부선의 회두운동을 알아보기 위한 실험에 해당된다. 부선 자체의 운항 특성을 파악하기 위하여 외력(조류, 바람 등)의 영향이 없는 것으로 가정하였으며, [T-1]~[T-10]을 KNU-001 모델과 KNU-002 모델을 대상으로 각각 실험을 실시하였다. 정지 상태에서 모형선을 회류수조 정중앙에 위치시킨 후 수류가 입사하는 입구쪽에 가상의 예인점을 선정하고 이곳에 예인삭을 연결하였다. 수조의 속도를 차츰 원하는 속도까지 증가시키면 각각의 브라이들 특성에 따라 좌우 회두운동이 일정한 주기로서 반복되어 나타나고 있다. 이후 정상 상태에서 부선의 회두각도를 직접 관측하였다. 예인삭의 길이와 브라이들 길이의 기준은 부선의 전장을 기준으로 하였으며, 선속은 실선에서의 5노트, 7노트, 9노트에 해당되는 0.367m/s, 0.513m/s, 0.659m/s의 상태에서 실험을 실행하였다.

Table 2 Scenario of tank test

Scenario	Speed	Length of towline	Length of bridle
T-1	5kts, 7kts, 9kts	1L	Without bridle
T-2		2L	Without bridle
T-3	5kts, 7kts, 9kts	1L	0.1L
T-4		1L	0.2L
T-5		1L	0.3L
T-6		1L	0.5L
T-7		2L	0.05L
T-8		2L	0.1L
T-9		2L	0.15L
T-10		2L	0.25L

3. 수조실험 분석

3.1 KNU-001 모델의 브라이들 유무 및 브라이들 길이별 분석

브라이들의 유무 및 브라이들의 길이가 부선의 회두운동에 미치는 영향을 파악하기 위하여 브라이들을 설치하지 않고 예인삭만 연결했을 경우, 예인삭의 길이 '1L'에 브라이들의 길이를 0.1L, 0.3L 및 0.5L로 설치한 경우, 예인삭의 길이 '2L'에 브라이들의 길이를 0.05L, 0.15L 및 0.25L로 각각 설치한 경우로 구분하여 실험을 실시하였다. Fig. 3에 나타난 바와 같이 선속이 7노트인 경우 예인삭만 연결했을 때는 부선의 회두각이 좌우 각각 약 31도 정도로 가장 크게 나타남을 알 수 있고, 브라이들의 길이가 0.1L에서는 약 29도, 0.3L에서는 약 6~7도, 0.5L에서는 약 2~3도 정도로 부선의 회두각이 가장 작게 나타나고 있음을 알 수 있다. 또한 Fig.4는 예인삭의 길이가 '2L'일 경우 예인삭만 연결했을 때와 예인삭에 브라이들을 연결하였을 경우를 비교한 것이다. 예인삭만 연결했을 때는 부선의 회두각도가 좌우 각각 약 28도 정도로 가장 크게 나타났고, 브라이들이 0.05L에서는 약 25도, 0.15L에서는 약 15도, 0.25L에서는 약 2~3도 정도로 나타났다. '1L'과 '2L' 모두 예인삭만 연결했을 때 보다는 예인삭에 브라이들을 설치했을 때가 회두각도가 작아지며, 브라이들의 길이가 길어질수록 부선의 회두운동이 작게 나타나고 있다. 특히 브라이들의 길이가 예인삭 길이의 25%정도 되는 시점부터 회두각도가 현저하게 감소하여 브라이들의 효과가 나타나고 있음을 확인할 수 있다.

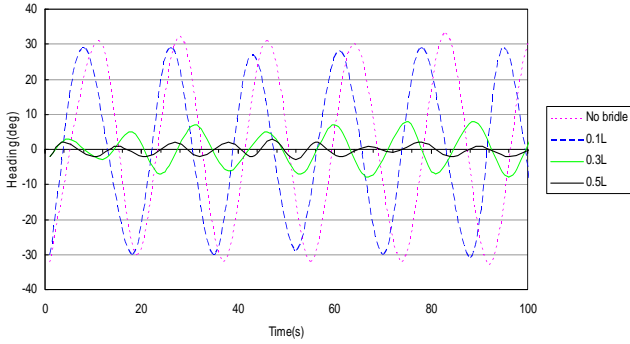


Fig. 3 Comparison of time histories of heading angle for KNU-001($l/L=1$, $V_s=7kts$)

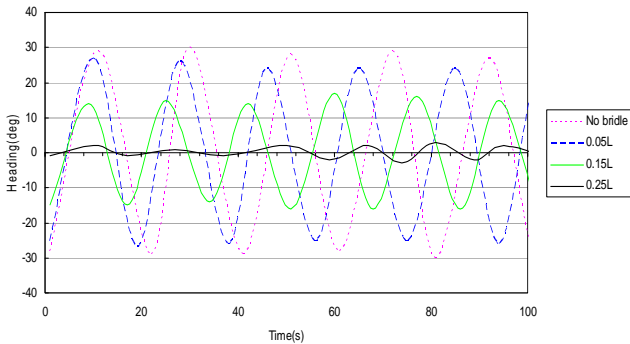


Fig. 4 Comparison of time histories of heading angle for KNU-001($l/L=2$, $V_s=7kts$)

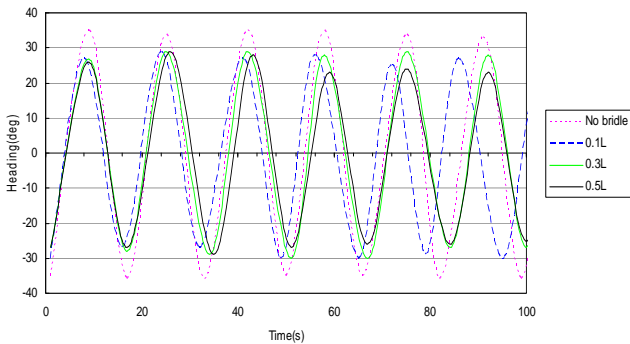


Fig. 5 Comparison of time histories of heading angle for KNU-002($l/L=1$, $V_s=7kts$)

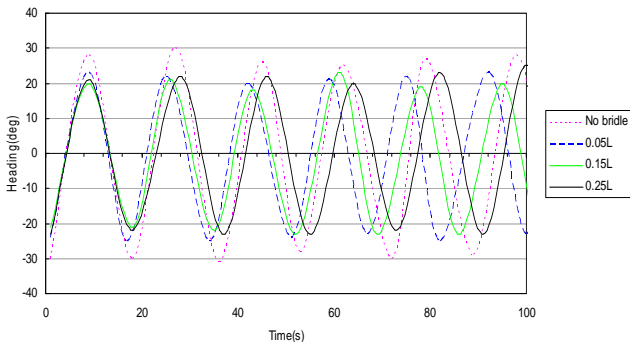


Fig. 6 Comparison of time histories of heading angle for KNU-002($l/L=2$, $V_s=7kts$)

3.2 KNU-002 모델의 브라이들 유무 및 브라이들 길이별 분석

Fig. 5와 6은 예인삭과 브라이들의 길이별 부선의 회두각도를 비교한 것이다. Fig. 5에 나타난 바와 같이 예인삭의 길이가 '1L'일 경우, 예인삭만 연결했을 때는 부선의 회두각도가 좌우 각각 약 34도 정도로 가장 크게 나타남을 알 수 있고, 브라이들의 길이가 0.1L에서는 약 29도 정도, 0.3L에서는 약 28도, 0.5L에서는 약 26도 정도로서 브라이들의 길이에 따른 부선의 회두각도의 감소는 약 5~8도 정도로 큰 차이를 보이지 않고 있다. Fig. 6은 예인삭의 길이가 '2L'일 경우 예인삭만 연결했을 때와 예인삭에 브라이들을 연결하였을 경우를 비교한 것으로서 예인삭만 연결했을 때는 부선의 회두각도가 좌우 각각 약 28도 정도로 가장 크게 나타남을 알 수 있고, 브라이들의 길이가 0.05L에서는 약 23도, 0.15L에서는 약 22도, 0.25L에서는 약 21도 정도로서 브라이들의 길이에 따른 부선의 회두각도의 변화에는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

3.3 KNU-001과 KNU-002 모델의 선속별 분석

Fig. 7과 8은 선속에 따른 영향을 파악하기 위하여 모형부선 KNU-001과 KNU-002 모델을 선속별로 실험한 결과를 보여주고 있다. Fig. 7은 예인삭의 길이가 '1L'이고, 예인삭만 연결했을 때 KNU-001 모델의 선속별 비교로서 5노트에서는 부선의 회두각이 약 32도 정도, 7노트에서 약 31도, 9노트에서 약

30도로 선속에 따른 부선의 회두각도에는 큰 차이가 없음을 알 수 있다. 또한 회두주기를 비교해보면, 5노트의 경우 약 28초의 주기를 지닌 채 좌우 회두운동을 하지만 7노트에서는 약 20초, 9노트에서는 약 16초로 선속이 빨라짐에 따라 주기가 짧아지는 것을 파악할 수 있었다. Fig. 8은 예인삭의 길이가 '1L'이고, 예인삭만 연결했을 때 KNU-002 모델의 선속별 비교로서 5노트에서는 부선의 회두가 약 34도, 7노트에서 약 33도, 9노트에서는 약 32도 정도로서 부선의 선속에 따른 부선의 회두각도에는 약 1~2도 정도의 미소한 차이를 보이고 있다. 또한 회두주기는 5노트에서 약 22초, 7노트에서 약 17초, 9노트에서는 약 15초로 선속이 빨라짐에 따라 회두주기가 짧아지는 것을 알 수 있었다. 위와 같이 부선의 형상과 상관없이 선속은 회두주기에만 변화를 가져오고 회두각도의 변화에는 큰 영향을 주지 않는 것으로 파악되었다.

3.4 KNU-001과 KNU-002 모델의 예인삭 길이별 분석

Fig. 9와 10은 예인삭 길이에 따른 회두운동을 조사하기 위하여 KNU-001과 KNU-002 모델의 선속이 7노트일 경우, 예인삭만 연결한 상태에서의 '1L'과 '2L'을 실험한 것이다.

Fig. 9에 나타난 바와 같이 KNU-001 모델의 '1L'에서는 부선의 회두가 좌우 각각 약 31도 정도로 나타났고, '2L'에서는 약 28도 정도로서 예인삭의 길이가 길수록 회두각도가 조금 작아지고 있음을 확인할 수 있다.

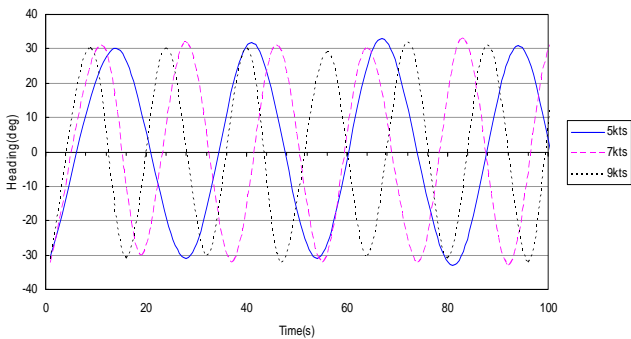


Fig. 7 Comparison of time histories of heading angle for KNU-001 ($l/L=1$, w/o bridle)

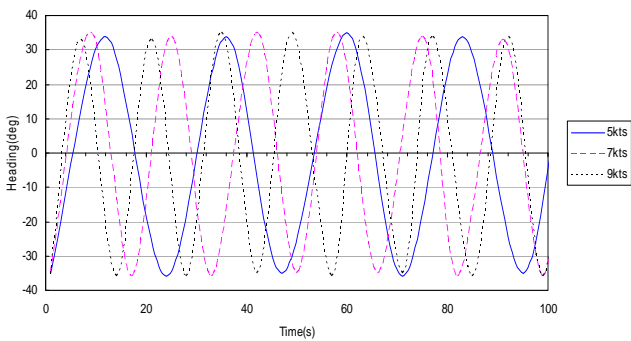


Fig. 8 Comparison of time histories of heading angle for KNU-002 ($l/L=1$, w/o bridle)

Fig. 10은 KNU-002 모델의 예인삭만 연결한 상태에서의 '1L'과 '2L'을 비교한 것으로서 '1L'에서는 부선의 회두가 약 34도 정도로 크게 나타남을 알 수 있고, '2L'에서는 약 28도 정도로서 KNU-001 모델에 비하여 예인삭의 길이가 길어짐으로서 회두각도의 감소비율이 더욱 커지는 것을 알 수 있었다.

3.5 수조실험 결과의 종합적 분석

Fig. 11부터 Fig. 13까지는 KNU-001 모델의 선속이 7노트, 예인삭의 길이가 '1L' 일 때, 예인삭만 연결했을 경우와 예인삭에 브라이들을 연결하여 브라이들의 길이가 0.1L, 0.3L일 경우의 부선의 회두각도가 최대가 되었을 때를 나타낸 것이다.

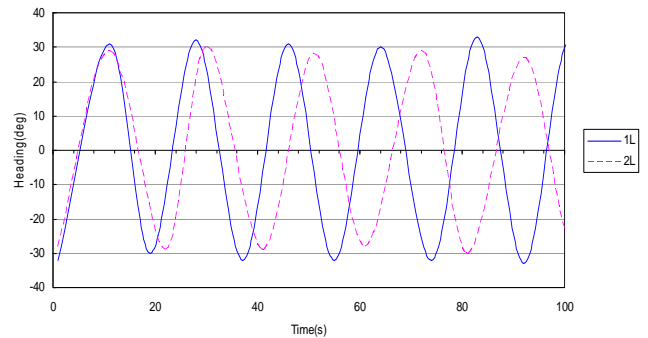


Fig. 9 Comparison of time histories of heading angle for KNU-001 (w/o bridle, $V_s=7kts$)

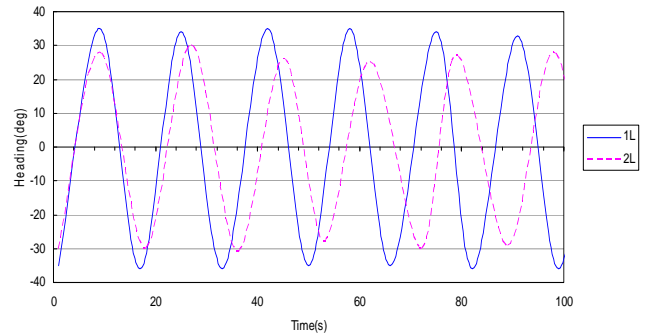


Fig. 10 Comparison of time histories of heading angle for KNU-002 (w/o bridle, $V_s=7kts$)

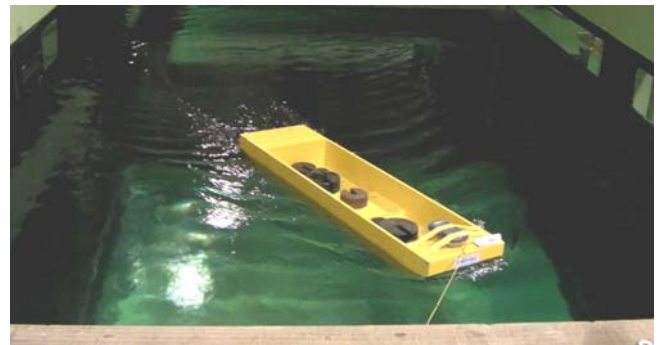


Fig. 11 Slewing motion of the KNU-001 ($l/L=1$, w/o bridle, $V_s=7kts$)

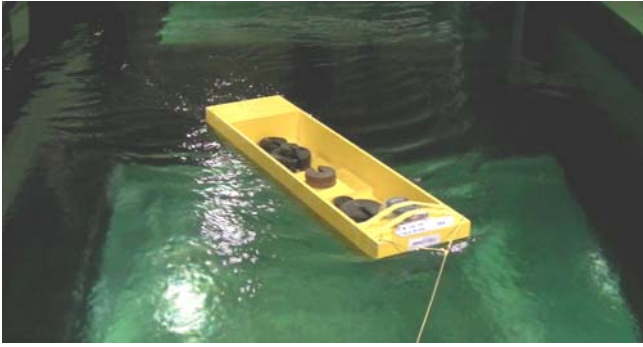


Fig. 12 Slewing motion of the KNU-001 ($l/L=1$, 0.1L bridle, $V_s=7kts$)

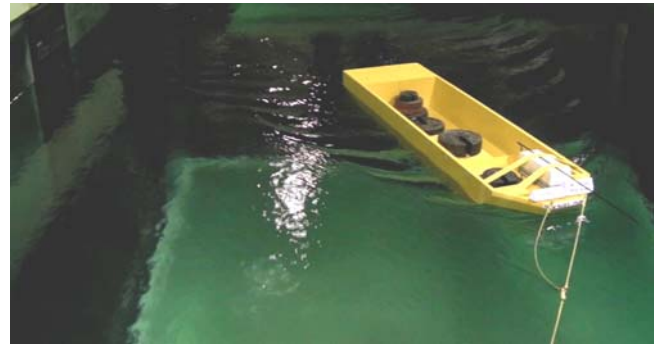


Fig. 16 Slewing motion of the KNU-002 ($l/L=1$, 0.3L bridle, $V_s=7kts$)

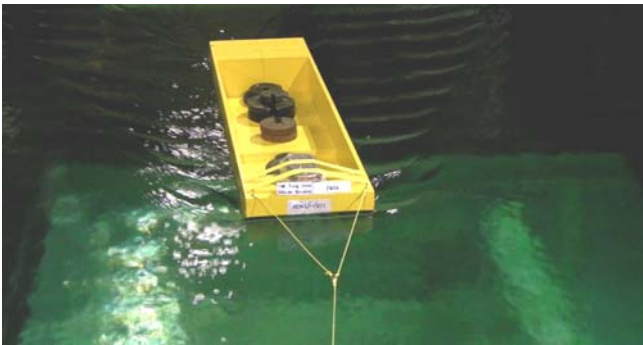


Fig. 13 Slewing motion of the KNU-001 ($l/L=1$, 0.3L bridle, $V_s=7kts$)

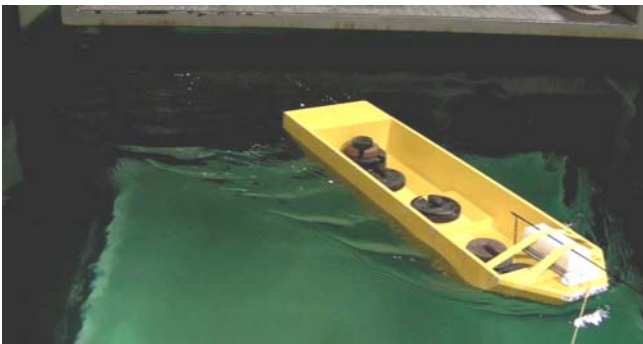


Fig. 14 Slewing motion of the KNU-002 ($l/L=1$, w/o bridle, $V_s=7kts$)

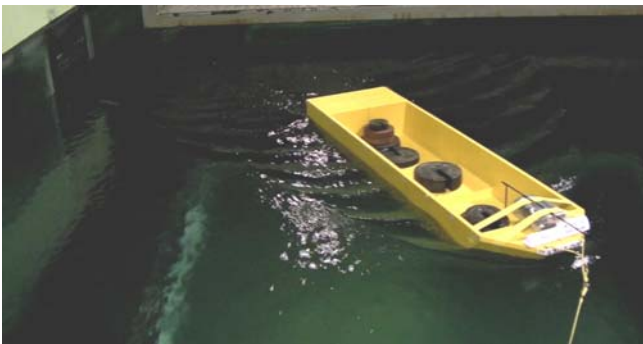


Fig. 15 Slewing motion of the KNU-002 ($l/L=1$, 0.1L bridle, $V_s=7kts$)

예인삭만 연결한 상태에서 회두각도가 가장 크게 나타나는 것을 알 수 있으며, 브라이들을 설치한 0.1L에서 회두각도가 작아지고, 브라이들의 길이가 길어진 0.3L에서 부선의 회두각도는 상당히 작아지고 있는 것을 확인할 수 있다.

Fig. 14부터 Fig. 16까지는 KNU-002 모델의 선속이 7노트, 예인삭의 길이가 '1L'일 때, 예인삭만 연결했을 경우와 예인삭에 브라이들을 연결하여 브라이들의 길이가 0.1L, 0.3L일 경우의 부선의 회두각도가 최대가 되었을 때를 나타낸 것이다.

KNU-001 모델과 같이 예인삭만 연결했을 때 회두각도가 가장 크게 나타나며, 예인삭에 브라이들을 연결하여 브라이들의 길이가 0.1L일 때 회두각도가 작아지고 브라이들의 길이가 길어진 0.3L에서 부선의 회두각도가 가장 작게 나타나고 있다.

따라서 브라이들을 설치하지 않고 예인삭만 연결하여 예인하는 것보다는 예인삭에 브라이들을 연결하여 예인하는 것이 부선의 회두운동을 줄일 수 있고, 또한 브라이들의 길이를 길게 할수록 효과가 증대하는 것을 확인할 수 있다. 이러한 브라이들의 효과는 KNU-001 모델에서 확연히 나타나고 있으며, KNU-002 모델은 브라이들에 의한 효과보다는 예인삭을 길게 해주는 것이 부선의 회두운동을 감소시키는데 보다 효율적인 것으로 여겨진다.

4. 결 론

본 연구에서는 예부선 운항시 예인삭의 길이, 브라이들의 설치 유무 및 브라이들의 길이에 따른 부선의 회두운동에 대한 특성을 조사한 결과 다음과 같은 내용을 파악할 수 있었다.

부선의 회두운동은 부선에 연결된 예인삭의 길이가 길수록 부선의 회두가 작아짐을 알 수 있었다. 또한, 예인삭만 연결한 상태보다 예인삭에 브라이들을 연결하는 것이 부선의 회두가 작아지며, 브라이들의 길이가 길어질수록 부선의 회두운동이 크게 작아짐을 알 수 있었다.

즉, 예인삭만 연결한 경우 부선의 회두각도가 좌우 각각 약 30도 정도로 크게 나타났지만, 예인삭에 브라이들을 연결하여 브라이들의 길이를 길게 할수록 부선의 회두각도를 대폭적으로 감소시키는 효과가 있음을 확인할 수 있었다.

선속에 따른 부선의 회두각도는 선속이 5노트에서 7노트 및 9노트로 빨라짐에 따라 큰 변화는 보이지 않았지만, 주기가 짧아지는 것을 알 수 있었다.

선수형상이 상자형인 KNU-001 모델은 예인삭을 길게 하는 것 보다는 브라이들을 예인삭의 0.3L 정도로 설치하여 운항할 경우 매우 큰 회두 감소효과를 기대할 수 있으며, 육각형 형태인 KNU-002 모델은 브라이들에 의한 효과 보다는 예인삭을 길게 해주는 것이 보다 효율적인 운영방법이라고 여겨진다. 따라서 부선의 과도한 회두운동을 감소시키기 위해서는 부선의 선수형상에 따라 회두운동이 다르게 나타나기 때문에 예인삭의 길이를 길게 하거나 브라이들을 설치하여, 미속상태의 속도로 예방하는 것이 안전 예방 업무에 도움이 될 것으로 판단된다.

원고접수일 : 2011년 5월 11일
 심사완료일 : 2011년 8월 16일
 원고채택일 : 2011년 8월 16일

후 기

이 논문은 2010년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2008-331-F00046)

참 고 문 헌

- [1] 김세원, 정우리(2010), “예부선 야간항해 시 예인삭 식별 향상방안에 관한 연구”, 한국항해항만학회지, 제34권, 제5호, pp.305-309.
- [2] 박성현, 박계각, 임남균, 정중식(2005), “예부선 결합선박의 문제점과 개선방안”, 해양환경안전학회 추계학술발표회논문집, pp.47-52.
- [3] 이윤석, 윤귀호, 박영수, 김종성, 조익순(2007), “예부선의 해상교량 안전통항을 위한 안전운항지원시스템 구축에 관한 연구”, 해양환경안전학회지, 제13권, 제4호, pp. 71-78.
- [4] 임남균, 박성현, 박계각(2006), “예부선 운항 안전 현황 연구”, 해양환경안전학회지, 제12권, 제1호, pp.61-66.
- [5] 해양수산부(2003), 예부선 결합선박의 해양사고 저감대책, pp.1-13.
- [6] Hara, S., Yamakawa, K. and Hoshino, K.(1993), “Study on the Towline Tension During the Towing Operation”, Journal of Kansai Soc. Naval Architects, Vol. 219, pp.103-110.
- [7] Tatano, H.(1982), “On the Course Stability and Its Scale Effect of a Towed Barge”, Journal of Kansai Soc. Naval Architects, Vol. 187, pp.53-60.
- [8] Yasukawa, H., Hirata, N., Nakamura, N. and Matsumoto, Y.(2006), “Simulations of Slewing Motion of a Towed Ship”, Journal of Japan Soc. Naval Architects and Ocean Engineers, Vol. 4, pp.137-146.