

# 예부선 야간항해 시 예인삭 식별 향상방안에 관한 연구

† 김세원 · 정우리\*

† 한국해양대학교 항해학부 교수, \* 한국해양대학교 대학원 운항시스템공학과

## A Study on Improving Discrimination of Towing line of Tug-barge for Night sailing

† Se-Won Kim · Woo-Lee Jeong\*

† Division of Navigation Science, National Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

\* Graduate School of National Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

**요 약** : 예부선 산업의 발전은 예부선 교통량의 증가와 해상교통환경의 변화 등으로 인하여 해양사고가 꾸준히 증가하고 있는 추세이다. 예부선 해양사고의 주요 요인으로는 운항과실로 인한 충돌·접촉 사고가 전체의 70% 이상을 차지하고 있다. 이러한 운항과실 중에서도 예부선의 야간항해 시에 소형 선박들이 예선과 부선을 연결하고 있는 예인삭을 무분별하게 횡단함으로써 인한 사고가 가장 큰 요인으로 조사되었다. 따라서 이 연구에서는 예부선의 야간항해 시에 소형 선박들이 예인삭을 쉽게 식별할 수 있도록 하는 여러 가지 방안을 제시하였다.

**핵심용어** : 해양사고, 예부선, 예인삭, 형광 페인트, LED, 레이저 빛

**Abstract** : This paper is provided to improve the discrimination of the towing line for tug-barge at the night sailing. As tugboat industry develops, marine accidents by tugboats are increasing. The main cause of accidents by tugboats is operators' negligence, and that portion is over 70 percent in total marine casualties by tugboats. The biggest cause of negligence through the towing line at night time. This paper suggests the ways to hinder operators' transit and improve discrimination of towing line(s) at night time.

**Key words** : Marine casualty, Tug-barge, Towing line, fluorescent paint, luminescent diode, Laser beam light

### 1. 서 론

최근 들어 항만시설 및 해상 교량건설 등 해상시설물 공사가 증가함에 따라서 대형 기중기부선을 포함한 예부선의 활용 또한 증가하고 있다. 이러한 예부선의 활용이 증가함에 따라 교통량의 증가와 해상교통환경의 변화 등으로 인하여 예부선에 의한 해양사고 또한 꾸준히 증가하고 있는 추세이다. 이에 따라서 선박조종에서 많은 제약을 받고 있는 예부선의 안전운항에 관한 개선방안들이 연구되고 있으며, 그에 따른 조치가 지속적으로 이루어져 왔다. 그러나 2007년 12월 태안만에서 발생한 대형 유조선과 크레인 장착 예부선의 충돌사고로 인한 해양 환경오염 문제는 예부선 안전운항에 관하여 근본적인 재검토를 제기하면서 국내외의 시급한 문제로 대두하게 되었다.

<Table 1>에서 보면 전체 해양사고 발생 중 예선에 의한 해양사고는 약 6%를 차지하고 있다. 하지만, 예선과 부선에 의한 해양사고는 6%를 훨씬 상회할 것으로 판단된다.

Table 1 Marine accidents by ship types (단위: 척)

구분	여객선	화물선	어선	유조선	예선	기타	계
'03	10	120	486	28	51	75	767
'04	20	130	734	24	67	95	1,070
'05	8	99	657	24	37	59	884
'06	17	110	584	43	53	58	865
'07	13	96	495	31	55	69	759
합계	68	555	2,953	150	263	356	4,345
비율 (%)	1.6	12.8	68.0	3.4	6.0	8.2	100

(출처: 해양안전심판원, 2003~2007)

또한, 예부선에 의한 해양사고 종류는 <Table 2>에서 알 수 있듯이, 충돌(55%), 침몰(19%), 전복, 접촉 등의 순으로 사고가 많았다. 2003년부터 2007년까지의 해양안전심판원에서 재결한 1,524건의 해양사고의 종류별 원인을 살펴보면, 운항과실로 인한 해양사고가 전체의 82.4%를 차지하고 있음을 알 수 있다. 운항과실 중 경계소홀, 항행법규 위반, 조선 부적절 등 인적과실에 의한 사고가 70% 이상을 차지하고 있음을 알 수 있다.

† 대표저자 종신회원, swkim@hhu.ac.kr 051) 410-4278

\* 공동저자, hdweworld@hanmail.net 010)7419-1977

Table 2 Main causes by accident types (단위: %)

구분	충돌 접촉	침몰	화재 폭발	좌초	인명 손실	기타
운항과실	67.9	2.9	0.4	4.3	2.6	4.3
기관설비등 취급불량	0.3	0.1	6.4	0.1	0.1	3.2
선체설비 결함	-	1.4	0.1	0.1	0.2	0.4
기상 등 불가항력	0.4	0.1	0.1	-	0.1	-
기타	1.5	0.9	0.2	0.2	0.1	1.6
계	<b>70.1</b>	<b>5.4</b>	<b>7.2</b>	<b>4.7</b>	<b>3.1</b>	<b>9.5</b>

(출처: 해양안전심판원, 2003~2007)

## 2. 본 론

예부선의 안전운항과 관련된 기존의 연구보고서, “예부선 안전운항 지침서(목포해양대학교, 2004년)”에 의하면, 예부선 운항자들을 대상으로 한 설문조사에서 예부선의 안전운항을 저해하는 요인 중에서 가장 큰 비중을 차지하는 항목으로는 어선들의 구분별 예인삭(Towing line) 횡단항해가 48%나 되는 것으로 분석되었다. 즉, 예부선의 야간항해 시에 소형 선박이나 어선들이 예선과 부선을 연결하고 있는 예인삭을 무단횡단, 통과하여 해양사고를 발생시키는 것으로 조사되었다.

이와 관련하여 해상교통안전법에 의하면 예부선 운항 시에는 예선과 부선에 적합한 등화를 켜서 예선이 선미에 부선을 예방중임을 나타내도록 규정하고 있다. 그러나 일부 예부선들은 규정에 정해진 등화를 켜지 않고 항해하는 경우도 있고, 또 등화를 켜고 항해하더라도 부선의 경우에는 적재된 화물에 가려서 보이지 않는 경우도 있다. 따라서 소형 선박이나 어선 운항자들이 특별히 야간에 예부선을 쉽게 식별할 수 있도록 식별표지의 개선과 식별에 대한 교육실시가 시급한 것으로 판단된다.

이 연구에서는 야간에 항해중인 소형선이나 어선들이 예부선의 항해상태를 쉽게 인지할 수 있는 예부선 식별표지에 대하여 다음과 같은 방안들을 제안하고자 한다.

### 2.1 탐조등 조명의 강화

해상교통안전법의 규정에 의하면, 예부선은 일반 동력선과 구별되도록 하기 위하여 특별한 등화와 형상물을 표시하도록 하고 있다. 또한 다른 선박의 주의를 환기시키기 위하여 필요하면 주의환기신호로서 “위험이 있는 방향에 탐조등을 비출 수 있다”고 규정하고 있다. 이는 임의규정으로써 위험이 존재할 경우에도 항해당직자에게 강제적으로 탐조등을 비출 의무를 부과하지 못하고 있다. 그러므로 다른 소형선박들이 예인삭을 횡단하여 위험한 상황이 일어날 경우에는 보다 적극적으로 탐조등을 비추어 통과하지 못하도록 할 필요가 있다.

즉, 해상교통안전법 제55조 주의환기신호의 규정을 보완하여 항해 중인 예인선은 위험이 있는 방향에 탐조등을 보다 적극적으로 비추도록 제51조(등화의 설치와 표시에 관한 특례)에 근거하여 보완할 필요가 있다.

해상교통안전법을 보완하기가 어려울 경우에는 선박설비규정 제3장 항해용구 제86조(선등 등) 조항에 ④항을 신설한다. 즉, 동력선이 다른 선박 또는 물체를 끌고 있는 경우에는 선미에 탐조등을 설치하여 부선과 예인삭을 조명하도록 하는 탐조등의 설치와 조명에 관한 규정을 신설하는 방안을 검토할 수도 있을 것이다.

### 2.2 야광 페인트활용<sup>1)</sup> 방안

#### 1) 야광의 기초 이론

야광 페인트는 밝은 곳에서 빛을 받아 축적해 놓았다가 어두운 곳에서 스스로 빛을 발산하는 제품이다. 야광 관련 제품에는 스티커, 시트, 붓, 시계 등 여러 가지가 있으며, 특히, <Fig. 1>과 같이 지하철이나 도로, 관공서, 빌딩 등 화재발생으로 정전 시에 사람들이 출구 방향을 쉽게 찾을 수 있도록 하는데 있어서 야광 페인트를 사용하고 있다.

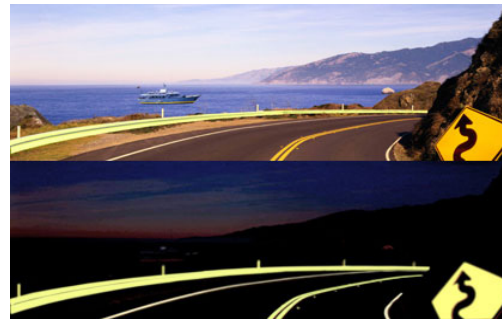


Fig. 1 Before and after application on freeway(Day and Night time)

#### 2) 초미립자 야광 페인트

일반 야광 페인트보다 입자가 매우 작은 나노(Nano)급 야광 페인트로서, 일반 페인트 입자 50~100 $\mu$ M보다 훨씬 작은 2~4 $\mu$ M 페인트이다. 잔광과 휘도가 일반 페인트에 비하여 떨어지지 않으며, 야광 펜을 만들어 사용 가능할 정도로 입자가 작아 안정적이다. 무기계열로 반영구적이며 인체에 해를 끼치지 않으며, 부드러운 표면 때문에 가구나 자동차 도장 및 핸드폰 등에 적합하다. 하지만, 아직은 가격이 비싼 편이다.

#### 3) 특징

초미립 야광페인트는 절대 침전이 안 되는 무기물 페인트로써, 반영구적 수명(무기화합물 원료 사용)이며, 마찰, 내기후성에 완벽한 내구성을 갖추고 있다. 소등 후 고 발광시간이 3~12 시간 이상 보장(약 발광 최소 12시간 이상 보장)된다.

1) (주)디지털폴리 자료실, www.digitalpoly.com

4) 예인삭에 야광페인트를 일부 도료

위와 같은 특성을 갖는 야광페인트를 주 예인삭(Main Towing Line)에 부분적으로 도료하여 야간항해 시 항행하는 주위 선박들에게 예인선열에 대한 식별향상을 도울 수 있을 것으로 판단된다. 특히, 예선에서 투광기로 예인삭을 비추으로써 예인삭의 존재를 보다 확실하게 인식할 수 있을 것이다.

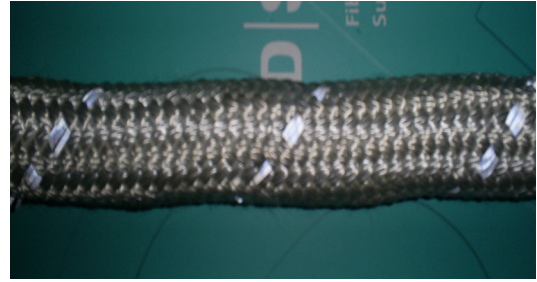


Fig. 4 Fiber rope with partial reflector

2.3 최근에 개발된 각종 야광용 예인삭 활용<sup>2)</sup> 방안

1) 형광 페인트가 도료된 섬유 예인삭 활용

<Fig. 2>에서처럼, 형광 페인트가 도료된 섬유로 만들어진 예인삭을 이용한 예인선열은 야간항해 시 타 선박들이 식별하는데 도움을 줄 수 있을 뿐만 아니라, 예선에서 투광기를 이용하면 형광 예인삭의 식별을 향상시킬 수 있을 것이다.



Fig. 2 Fiber rope with painting by fluorescence

2) 부분적으로 형광 도료된 예인삭 사용

섬유로프 제조 시, 일반 폴리에틸렌 섬유와 형광 도료된 섬유를 혼합해서 <Fig. 3>과 같이 만들어 예인삭으로 이용한다면, 기존 로프의 기능을 가지고 있으면서 부분적인 형광 Strain이 야간에 항행중인 예인선열을 나타내는 기능을 할 수 있을 것으로 판단된다.



Fig. 3 Fiber rope with partial fluorescent painting

3) 반사판을 이용한 예인삭 사용

현재 해군에서 사용하고 있는 방법으로, 일반 폴리에틸렌과 반사판을 혼합해서 <Fig. 4>와 같이 로프를 제작하여 사용하는 것이다. 이는 기존의 탈부착방식의 반사판을 직접 로프의 Strain으로 이용하여 만들어져서 관리가 편리하며, 탐조등을 사용하였을 때, 더욱 빛을 발하게 된다.

4) 고성능 특수로프를 예인삭으로 혼합사용

최근 화학섬유 기술의 발달에 따라서 초고분자량 PE고강력사로 만든 Braided 로프, SuperMax®(UHMWPE, Ultra-High-Molecular-Weight-Polyethylene, 초고분자량 폴리에틸렌) 로프를 내부코어에 사용하여 기존의 로프 구조에 비해 월등히 우수한 특수 로프들이 출현하고 있다. 이러한 특수 로프는 높은 강도를 유지하면서 뒤틀림 현상이 없어 사용 시 킥(Kink) 형상이 발생하지 않으며, 로프 외부를 Braided처리하여 표면이 둥글고 매끄러워 마찰에 대한 저항성과 강도가 아주 높다. SuperMax® Plus Rope와 같은 고성능 특수로프를 예인삭으로 이용하면 물위에 뜨면서도 강도는 기존 로프보다 강한 장점이 있으며, 다만 가격이 비싸다는 문제가 있다. 고성능 섬유로프는 물에 젖었을 때와 안 젖었을 때 같은 강도를 유지하며, 아주 낮은 신축율을 가지고 있으며, 자외선 저항과 마모에도 강하다. 또한, 뒤틀림과 자전이 없으며, 취급이 용이하여 장기간 사용이 가능하다.

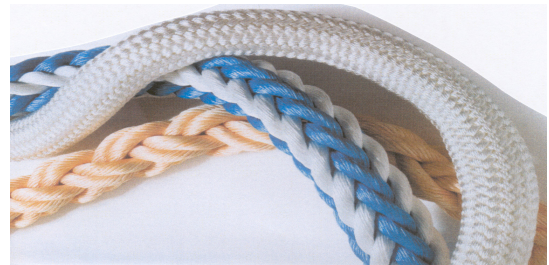


Fig. 5 Various high-performance fiber rope

이러한 특수로프들 중의 어떤 제품들은 단위중량당 강도가 좋고, 같은 규격의 Steel Wire Rope보다 강도가 높으며, 중량은 와이어로프의 1/8정도로 가볍고, 코팅처리와 특수 열처리를 통해 내마모성이 뛰어난 특성을 갖고 있다. 따라서 위와 같은 특성을 가진 고성능 섬유로프와 앞서 설명한 야광 페인트 도료, 형광 Strain, 반사판 Strain 등을 혼합하여 사용한 로프를 <Fig. 5>와 같이 예인삭으로 이용한다면, 무엇보다도 예부선의 조종성능을 향상시킬 수 있다. 또한 야간항해 시에 예인선열을 확인할 수 있는 좋은 방안이 될 수 있을 것이다.

5) Floating Hawser를 사용한 예인삭 활용

VLCC의 SBM(Single Buoy Mooring)에서의 원유 양하작업을 위하여 최근에 사용되고 있는 <Fig. 6>의 Floating Hawser

처럼, 이러한 특수로프의 부유성 및 고강도의 성질과 야광도로를 혼합하여 예인삭으로 활용한다면 예인삭의 식별향상에 좋은 방안이 될 수 있을 것으로 판단된다.



Fig. 6 SBM used floating hawser

## 2.4 예인삭에 추가하여 LED부착 보조 예인삭 설치 방안

### 1) 발광다이오드의 원리

반도체의 p-n 접합구조를 이용하여 주입된 소수캐리어(전자 또는 정공)를 만들어 내고, 이들의 재결합에 의하여 발광시키는 것을 LED(Luminescent Diode, Light Emitting Diode)라고 한다.

### 2) 튜브장착 LED BAR 활용

일반적으로 예인선이 부선을 예인할 때 사용하는 예인삭은 재질 및 길이에 따라서 차이는 있지만 대부분의 경우에 커티너리(Catenary) 및 Dip을 형성하면서 수면 하에 잠기게 된다. 그러므로 특별히 야간항해 중에는 소형선들이 예인중인 부선 및 예인삭을 인식하지 못하고 그 사이를 횡단하는 사고가 발생하게 되는 것이다.

그러므로 최근에 각종 네온사인 등의 광고용도로 각광받고 있는 LED를 <Fig. 7>과 같이 부유성과 신축성이 있는 수밀형 튜브에 넣어서 주 예인삭에 추가하여 보조용으로 사용하는 것이다. 이것을 예인선과 부선을 연결하여 사용하면 수면하에 잠겨서 나타나지 않는 Catenary 부분의 예인삭을 수면 위로 표시할 수 있어서 안전운항에 도움을 줄 것으로 기대된다.

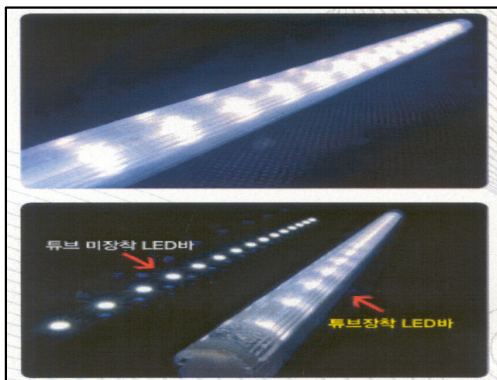


Fig. 7 Tube equipped LED

## 2.5 레이저(Laser)<sup>3)</sup> 빛 활용 방안

### 1) 레이저 빛의 특징<sup>4)</sup>

#### ① 레이저플래어(Laser Flare)

레이저 빛은 간결하고, 안전하고, 효율적이고, 지속적으로 사용이 가능하지만, 사용 중에 정기적으로 배터리를 교환해야 한다.

#### ② 장기간 작동이 가능

레이저를 이용한 섬광신호는 수명이 다하는 마지막 순간까지 섬광신호가 지속되며, 레이저는 배터리를 갈아 끼울 필요가 있을 때까지 수 시간동안 작동한다. 레이저 다이오드는 스스로 1만 시간 정도의 평균수명을 갖는다.

#### ③ 넓은 범위와 장거리에서 시인가능

대부분의 스트로보 빛(Strobe light)은 주야간에 평균 1-3마일 정도에서 시인할 수 있다. 그러나 Rescue Laser Light 혹은 Rescue Laser Flare® Magnum은 야간에 지상에서 공중으로는 약 20마일까지 시인할 수 있고, 주간에도 2-3마일까지 시인이 가능하다. 특별히 Green Rescue Laser Flare®s는 야간에 30마일에서 시인가능하고 주간에도 3-5마일에서 시인가능하다.

#### ④ 방수 기능

레이저빔 장치는 24m의 수심에서도 방수가 가능하고, 부식 저항을 개선하기 위하여 양극산화를 활용할 수 있다.

#### ⑤ 간편하고 휴대가 용이

레이저플래어는 소형이며 아주 효율적이다. 또한, 이 기술은 구멍동이나 구멍장치에 부착함으로써 실제적으로 구멍장비로서의 사용이 가능하다.

#### ⑥ 건물 화재 시에 소방수용으로 활용

<Fig. 8>과 같이, 실제 화재가 일어난 빌딩 속에서 레이저 빛을 활용하게 되면, 레이저 빛은 재래식의 빛보다는 연기나 연무 속을 통과하여 한줄기의 통로를 형성하므로 길을 찾기에 활용할 수 있고, 다른 소방수의 옷을 반사시켜서 찾기 쉽게 할 수도 있을 것이다.

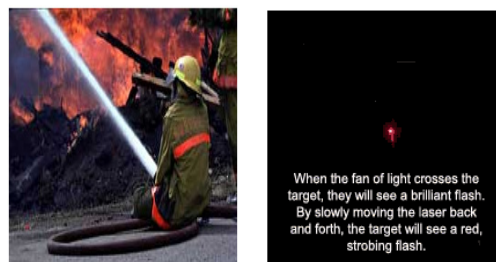


Fig. 8 Laser application

### 2) 레이저빔을 예인삭의 위치표지로 활용

미국의 알래스카 코디악(Kodiak)항에는 파이프라인이 항만을 가로질러서 해저에 깔려있다. 이 파이프라인의 존재를 나타내기 위하여 레이저를 활용한 녹색 레이저 빛을 비추으로써 그 존재

2) (주)DSR제강, www.dsrcorp.com

3) (주)토탈에이플러스, flracing@ntate.com

4) Greatland Laser : Http://www.greatlandlaser.com

를 나타내고 있다. 이 레이저 빛은 옅은 안개 속에서도 인식할 수 있어서 파이프라인 안전유지에 많은 도움을 주고 있다.



Fig. 9 Fan-shaped laser

레이저빔은 열을 발생시키지 않고 가연성의 환경조건에서도 사용이 가능한 간편하고 안전하게 갖고 다닐 수 있으므로 긴급 시에 활용할 수 있다.

특히, <Fig. 9>와 같이 ‘Fan-Shaped Laser Technique’라고 부르는 레이저 빛 발사장치에 의하여 그림과 같이 접근하고 있는 항공기에 대하여 위치를 알릴 수 있는 용도로도 활용되고 있다. 그러므로 이 레이저빔의 광선을 활용하면 예부선 운항에서 예인되고 있는 부선의 존재 및 예인선의 존재를 나타내는 데 효과적으로 이용할 수 있을 것으로 판단된다.

### 3. 결 론

예부선의 야간항해 시에 소형 선박이나 어선들이 예선과 부선을 연결하고 있는 예인선을 무단횡단, 통과하여 해양사고를 발생시키는 것이 전체 예부선 사고의 48%나 되는 것으로 조사되었다. 이러한 예인선을 식별하지 못하여 발생하는 사고를 줄이기 위하여 이 연구에서는 다음과 같이 크게 5가지의 개선방안을 제시하였다.

첫째, 적극적으로 탐조등을 활용하여 예인선을 조명함으로써 타선에게 알리도록 하는 방안이다.

둘째, 기존의 예인선에 부분적으로 야광 페인트를 도료하여 사용하는 방안을 고려할 수 있다.

셋째, 형광도료된 예인선을 이용하거나, 로프 제작 시, 형광도료된 섬유 혹은 반사판을 로프의 Strain으로 사용한 예인선을 이용하여 빛을 발하도록 하거나, SBM에 사용하고 있는 부유성 재질의 야광도료된 예인선을 이용하는 방안이다.

넷째, 주 예인선에 추가하여 LED부착 보조 예인선을 추가하여 타선에게 예인선의 위치를 알리는 방안이다.

마지막으로, Laser 빛을 이용하는 방안으로 기능, 활용도 면에서는 가장 우위를 나타내지만, 아직은 가격이 비싼 장비에 속하여 경제성 측면에서는 떨어지는 것으로 판단된다.

예부선 운항의 안전성, 경제성 그리고 실용성의 측면을 고려하여 위의 5가지 활용방안을 실제 예부선의 야간운항에 적절히 이용한다면 안전사고 예방향상에 크게 도움이 될 것으로 판단된다. 그러나 우리나라 대부분의 예부선 선주들이 영세한 상황임을 고려할 때, 예부선의 야간항해 시에 소형 선박들이

예인선을 쉽게 식별할 수 있도록 하는 위의 제안들을 실제로 활용하기에는 많은 시간이 걸릴 것으로 판단된다.

## 후 기

본 연구는 국토해양부의 지원으로 수행된 선박안전기술개발사업 “예부선 첨단 조종기법을 기반으로 한 운항모델 개발” 과제 연구로 수행되었습니다.

## 참고 문헌

- [1] 국토해양부(2009.10), 예·부선 첨단 조종기법을 기반으로 한 안전운항모델 개발, 제4장
- [2] 국토해양부(2004), 예부선안전운항 지침서
- [3] 국토해양부(2009. 8. 19), 부선의 구조 및 설비 등에 관한 기준(제2009-693호)
- [4] 국토해양부(2009. 2. 6), 선박안전법(제9446호)
- [5] 국토해양부(2009.10.19), 지방해양항만청 해상교통관제운영규정(훈령 제480호)
- [6] 이상평(2007), 우리나라 예부선업의 경쟁력 강화 방안에 관한 연구, pp.1-3
- [7] 이윤석, 윤귀호, 박영수, 김종성, 조익순(2007), 예부선의 해상교량 안전통항을 위한 안전운항지원시스템 구축에 관한 연구, 해양환경안전학회, 제13권, pp. 34-37.
- [8] 임남균, 박성현, 박계각(2006), 예부선 운항안전 현황연구, 해양환경안전학회지, 제12권, pp.61-62
- [9] 한국선급, 선박안전기술공단(2008), 대형 예부선의 안전관리 강화방안
- [10] 한국선급(2008), 대형 예부선의 안전관리 강화 방안”, 2008
- [11] 한국해양수산연수원, 해양안전심판원(2008), 예인선 운항 안전
- [12] 해양수산부(2005), 예부선 안전운항 지침서
- [13] Canadian Coast Guard Marine Regulatory Directorate (1995), “STANDARDS AND GUIDELINES FOR THE CONSTRUCTION, INSPECTION AND OPERATION OF BARGES THAT CARRY OIL IN BULK”
- [14] IMO(2004. 7. 1), Draft Guidelines for Mooring & Harbour Towing Lines Navigation 50/WP
- [15] Noble Denton(2005. 4. 4), Guidelines for Marine Transportations, REPORT NO. 0014/NDI
- [16] United States Navy(2002), U.S. NAVY TOWING MANUAL (SL740-AA-MAN-010), Naval Sea Systems Command, pp.127-135 and pp.G1-15
- [17] Wright, Christopher(2000.10), “TUG/BARGE OPTIONS”, Strategies for Canadian Shipping Company of Master Mariners of Canada Great Lakes Division

원고접수일 : 2010년 01월 6일

심사완료일 : 2010년 06월 23일

원고채택일 : 2010년 06월 24일