

# 사고선박의 예인장력 해석에 관한 연구

† 남택근 · 정창현\* · 최혁진\*\*

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

## A study on the analysis of towline tension for vessel in accident

† 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 사고 선박을 신속하게 예인하는 것은 현장에서 일어날 수 있는 2차적인 피해를 사전에 예방할 수 있는 중요한 조치이다. 이를 위해서는 예인선을 이용하여 사고선박을 이동시켜야 하고 예인선과 피 예인 선박은 예인삭에 의해 연결되게 된다. 자력운항이 불가능한 상태에서 피 예인 선박은 예인선의 예인력에 의해 거동이 좌우되고 예인력은 해상환경 및 피예인 선박의 저항력을 고려하여 결정되어야 한다. 본 연구에서는 피 예인 선박 예인 시 예인저항과 이로 인해 예인삭에 걸리는 장력해석법에 대해 검토한다. 본 연구를 통해 얻어진 결과는 사고선박 예인지원시스템에 효율적으로 활용 가능할 것이다.

**핵심용어** : 사고선박, 예인, 예인삭, 장력해석

### 1. 서 론

해상에서 사고선박을 신속하게 예인하는 것은 사고현장에서 일어날 수 있는 2차적인 피해를 미연에 방지하고 사고로 인한 피해를 줄일 수 있는 효과적인 방법이다. 사고선박을 예인하기 위해서는 예인삭을 예인선에 연결하고, 적절한 예인선을 선정하기 위해서는 사고주변 해역의 환경과 사고 선박의 선체가 받게 되는 기본저항으로부터 저항력을 산정한다(최, 2012, 남, 2012).

한편 피예인 선박(사고선박)이 가지는 저항력과 더불어 예인삭에 걸리는 부가적인 장력을 계산할 필요가 있다. 즉, 예인삭의 길이 및 수중에서의 항력 등을 고려하여 실제 예인선에 연결된 부위에서의 장력을 도출한다면 더욱 효율적으로 예인작업에 활용할 수 있기 때문이다. 미해군은 예인 대상물체의 저항과 와이어로프의 부가저항을 정적인 상태로 도출하는 방법을 정형화하여 사용하고 있다(U.S.Navy, 2001).

본 연구에서는 기존의 예인삭 장력 계산법을 검토하고 동적인 상태를 고려할 수 있는 방법에 대해 논의하고자 한다. 선체에서의 예인저항과 예인삭에서의 부가적인 저항을 고려하여 예인선에서의 장력저항을 계산한다면 이 결과 값은 소요예인마력

을 산정하는 기준으로도 가치 있게 활용할 수 있을 것이다.

### 2. 본 론

피 예인 선박의 예인선에 의한 예인작업은 Fig. 1과 같이 표현할 수 있다. 예인선과 피예인 선박은 예인삭에 의해 연결되고 운항불능상태 혹은 자체적인 추진력을 상실한 사고선박은 예인선으로부터 예인삭에 의해 전달되는 예인력에 의해 거동이 좌우되게 된다.

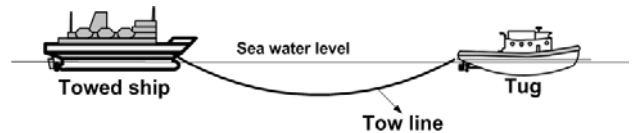


Fig. 1 Towing work by tow vessel

#### 2.1 예인삭의 부가 장력 계산법

Fig. 1과 같이 예인작업을 수행할 경우 예인선 연결점에서의 장력은 예인마력과 같은 의미를 가진다. 미해군에서는 이러한 예인장력을 계산하기 위해 다음과 같은 방법을 적용하고 있다. 피예인 선박으로부터 도출된 예인저항 성분을  $R_T$ 라 하고 예인삭에 의한 부가저항을  $R_{wire}$ 라 한다면 최종적인 장력은

† 교신저자 (종신회원), tknam@mmu.ac.kr 061)240-7225  
\* 종신회원, hyun@mmu.ac.kr 061)240-7182  
\* 일반회원, hjchoi@kiost.ac 042)866-3611

$T = \sqrt{(R_T + R_{wire})^2 + T_v^2}$  으로 계산되어진다. 단,  $T_v$ 는 예인선의 하중에 의해 작용하는 힘 성분이다.

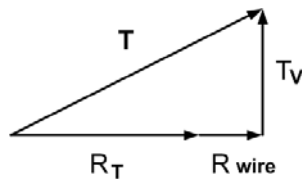


Fig. 2 Towing tension calculation by U.S.Navy

이 방법은 직관적이고 계산이 단순하여 쉽게 적용이 가능한 장점을 가지고 있으나, 다양한 예인환경에 의해 예인선에 부가되는 영향을 반영하기에는 어려운 단점을 갖고 있다.

한편, 해저케이블 장력해석을 위해 연속적인 케이블을 가상적으로 나누고 해저로부터 케이블에서의 접선방향과 법선방향의 장력성분을 구하고 있다(Patel, 1995). 본 연구에서는 상기 연구 방법을 응용하여 수중, 수상에서의 예인선 장력 및 다수의 예인선을 이용하여 사고 선박을 예인할 경우 각각의 예인선에 걸리는 합성 장력을 구하고자 한다. 이 결과(장력)는 예인선의 소요예인마력과 예인시나리오 결정에 활용된다.

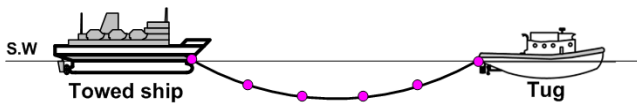


Fig. 3 Tension calculation by node analysis

먼저 Fig.3 과 같은 피 예인 선박과 예인선의 배치에서 예인선을 3개의 노드로 설정하고, 노드사이의 거리를 60[m], 수면을 기준으로 한 각 노드 연결점의 각도 [0.2,0.15,0.1] 라디안, 각속도를 0으로 한 상태에서 15초간 예인선을 2.5 [kt] 목표 속도로 움직였을 때 예인 장력을 계산하였다. 예인저항은 30 [kN]로 하였으며 이러한 조건 하에서 각 노드점의 각도변화와 예인선에서의 장력결과는 각각 Fig. 4, Fig. 5와 같다.

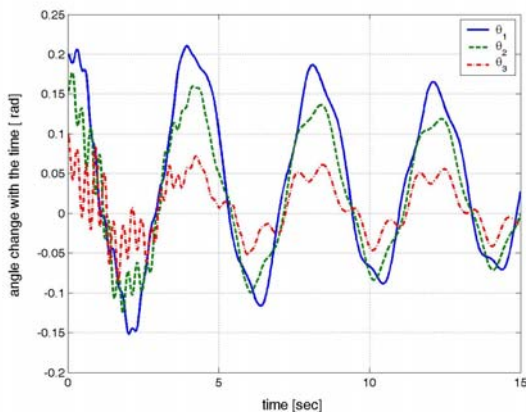


Fig. 4 Angle of each node

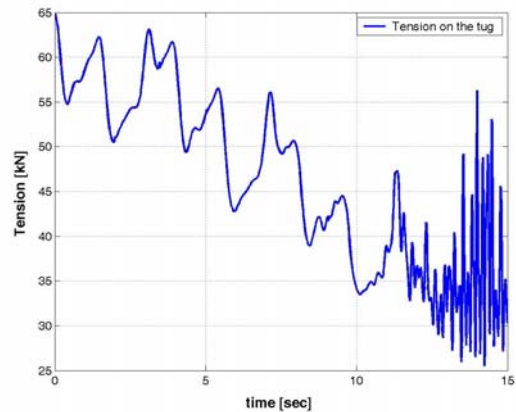


Fig. 5 Tension on the tow vessel

Fig.5의 장력계산 결과를 살펴보면 예인 초기에 예인저항의 2배에 달하는 장력이 걸리고 10초 이후의 정상상태에서는 피 예인선의 예인저항인 30[kN] 부근에서 장력값이 변동하고 있는 것을 알 수 있다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 사고선박에 대한 예인작업 시 주변 환경, 사고선박이 가지는 자체저항과 이를 바탕으로 예인선에 걸리는 부가저항을 계산하여 최종적으로 예인선에 걸리게 되는 장력을 계산하였다.

#### 후 기

이 논문은 2012년 해양수산부 재원으로 한국해양과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(지능형 해양 사고 예방 및 구난기술 개발-사고선박 예인지원 요소기술 및 구난체계 개선 연구).

#### 참 고 문 헌

- [1] 최혁진, 김은찬(2012), 손상선박의 예인력 추정을 위한 선박저항 계산 프로그램, 한국해양환경공학회지, 제15권 제2호, pp.150-155.
- [2] 남택근, 정창현, 정중식(2012), "선박의 예인저항 및 예인선의 장력 계산에 관한 연구", 한국해양학회지 제36권, 제8호, pp.607-612.
- [3] T.I.Fossen(2000), Guidance and control of ocean vehicles, John Wiley & Sons
- [4] Patel M.H, Vaz M.A(1995), Transient behaviour marine cables being laid-the two-deimentional problem, Applied Ocean Research, vol.17, pp.245~258.
- [5] Ming-Ling Lee(1988), Dynamic stability of nonlinear barge-towing system, Appl .math Modeling, vol.13, pp. 693-701.