

선박접안속도 분석과 안전도선에의 활용

조익순* · † 강은지

*한국해양대학교 해사인공지능·보안학부 교수, † 한국해양대학교 해양과학기술전문대학원 대학원생

Analysis of Berthing Velocity of Ship and Application to Safe Pilotage

Ik-Soon Cho* · † Eun-Ji Kang

*Professor, Division of Maritime AI & Cyber Security, Korea Maritime & Ocean University, Busan 49112, Korea

† Graduate Student, Ocean Science and Technology School, Korea Maritime & Ocean University, Busan 49112, Korea

요 약 : 항만 계류시설에 작용하는 접안력은 접안에너지에 근거하여 계산하게 된다. 접안력을 결정하는 절대적인 요소로서 현장에서 안전한 도선을 위해 주의해야 할 것이 바로 ‘선박접안속도’이다. 본 연구에서는 선박접안속도 관련 국내외 동향을 살펴보고, 안전하고 효율적인 부두설계 및 도선운영을 위한 기초자료로 활용하고자 국내부두에서 접안속도 실측데이터를 통계적 수단 및 알고리즘을 통해 분석하였다.

핵심용어 : 선박접안속도, 접안에너지, 데이터분석, 도선사

Abstract : External forces acting on the mooring facilities include wave, wind, current, and ship’s kinetic energy. In particular, the ship’s kinetic energy is changing as the ship become larger, and larger carrying capacity. It was intended to analyze the berthing velocity measurement data at on tanker terminals equipped with a DAS (Docking Aid System) through statistical means and algorithms and use it as basic data for safer and more efficient pier design and pilotage.

Key words : Ship berthing velocity, Berthing energy, Data analytics, Pilot

1. 서 론

항만 계류시설에 작용하는 외력으로는 파랑, 바람, 조류뿐 아니라 선박접안력 등이 있다. 선박으로 인해 계류시설에 작용하는 접안력은 선박의 접안에너지에 근거하여 계산하게 되는데, 선박의 대형화, 전용선화 및 화물량 증가에 따라 변화하고 있으며, 접안력을 결정하는 절대적인 요소이면서 현장에서 안전한 도선을 위해 주의해야 할 것이 바로 ‘선박 접안속도(Berthing velocity)’이다.

선박의 접안속도는 ‘항만 및 어항설계기준(이하, 항설기준)’에서 대상선박의 선형, 재화상태, 계류시설의 위치 및 구조, 기상 및 해상상황, 예인선의 유무 및 크기 등을 고려하고, 기존의 접안속도 실측자료에 근거하여 정하도록 하고 있다. 우리나라는 접안속도의 통계적 특성에 대한 검토가 거의 없었고, 일본의 기준을 번역한 현행 항설기준에 있어서도 접안속도의 특성치가 어느 정도의 신뢰수준인지 판단하기 어려우므로 선박의 접안안전성을 확보하는 측면에서 이에 대한 명확한 정리가 필요한 시점이다. 이에 본 연구에서는 선박접안속도 관련 국내외 동향을 살펴보고, 국내 탱커부두에서의 접안속도 실측데이터를 통계적 수단, 알고리즘 등을 통해 분석하

여 보다 안전하고 효율적인 부두설계 및 도선운영을 위한 기초 자료로 활용하고자 한다.

2. 선박접안에너지와 접안속도

선박이 부두에 안전하게 접안하기 위해서는 접안 에너지를 흡수할 수 있는 방충재(Fender)를 설치해야 되는데, 이러한 선박 접안 에너지를 산정하는데 있어 가장 영향력이 큰 요소가 ‘선박접안속도’이다 [1]. 접안속도는 일반적으로 부두와 처음 접촉할 때에 수직으로 측정된 속도로 정의된다 [2]. 또한, 선박 대형화에 따라 선수와 선미의 수평거리 차이가 200-300m를 넘는 경우가 대다수이고, 접안속도 측정계인 선박접안속도계(Docking Aid System, DAS)가 최소 2개 지점 측정이 가능한 것을 고려할 때 선수미 방향 각각의 접촉 접안속도를 모두 고려하여 접안속도를 산정해야 할 필요가 있다.

일반적으로 선박이 횡방향으로 이동하여 접안한다고 가정했을 때, 선박의 접안에너지는 다음과 같다.

$$E_s = \frac{1}{2} M_s V^2 \tag{1}$$

† 교신저자 : 정희원, euni3301@g.kmou.ac.kr

* 종신회원, ischo@kmou.ac.kr, 051)410-5072

3. 선박접안속도 실측 및 분석

그동안 국내에서 접안속도의 실측자료를 수집·분석한 사례가 없어 PIANC 등의 국제적 동향에 발맞춰 국내항에서의 선박접안속도 실측데이터를 수집하게 되었다. 한척 한척의 접안속도 데이터 자체로는 가치가 없지만, 수집한 빅데이터(Big data)에 기반하여 인공지능(AI)과 머신러닝 기법을 활용해 데이터분석을 수행하면 새로운 가치를 창출할 수 있다.

실측 접안속도 데이터의 수집 대상부두는 국내의 한 탱커 터미널로, '17년 3월부터 '22년 2월까지 총 952개의 데이터를 수집하였다. 전체 접안속도에 대해 접안속도별 빈도수 및 상대빈도를 분석한 표는 Table 1과 같다. 접안속도 4-6cm/s가 전체의 26.6%로 가장 높은 빈도수를 나타냈으며, 6-8cm/s도 전체의 25.6%로 높은 빈도수를 보였다.

Table 1 Frequency of berthing velocity

| Velocity (cm/s) | Count | Cumulative Count | Relative Frequency (%) | Cumulative Frequency (%) |
|-----------------|-------|------------------|------------------------|--------------------------|
| 0-2 | 22 | 22 | 2.3% | 2.3% |
| 2-4 | 92 | 114 | 9.7% | 12.0% |
| 4-6 | 253 | 367 | 26.6% | 38.6% |
| 6-8 | 244 | 611 | 25.6% | 64.2% |
| 8-10 | 156 | 767 | 16.4% | 80.6% |
| 10-12 | 89 | 856 | 9.3% | 89.9% |
| 12-14 | 43 | 899 | 4.5% | 94.4% |
| 14-16 | 23 | 922 | 2.4% | 96.8% |
| 16-18 | 14 | 936 | 1.5% | 98.3% |
| 18-20 | 13 | 949 | 1.4% | 99.7% |
| 20- | 3 | 952 | 0.3% | 100.0% |

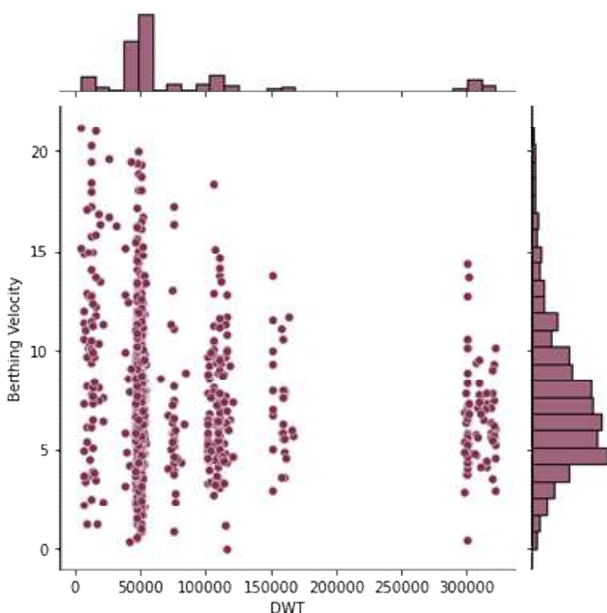


Fig. 1 Jointplot of Berthing Velocity and DWT

접안에너지에 주된 영향을 미치는 접안속도와 선박규모의 관계와 각 변수의 분포형상을 알아보고자 Fig. 1과 같이 시각화하였다. Jointplot은 산점도와 분포를 동시에 나타내어 두 변수의 관계와 데이터가 분산되어 있는 정도를 한눈에 파악할 수 있다.

4. 안전한 도선에서의 활용

도선사는 선박이 부두시설에 근접하여 평행한 자세로 유지한 채 방충재 등의 시설물에 접촉을 하며 접안과정을 마무리하는 접안속도와 가장 밀접한 직업군으로, 선박이 입항하여 부두에 접안할 때 도선사의 역할은 매우 중요하다 [3].

선박접안속도와 도선사가 밀접한 연관성이 있음에도 불구하고 선행 연구에서는 도선사 요소를 고려하지 않고 선박규모와 접안속도와의 관계를 도출한 사례가 대다수였다 [4]. 하지만 선박접안속도의 결정에 도선사가 미치는 영향이 상당하다는 가정하에 접안속도에 따른 도선사의 조건유형을 분석하였다.

5. 결 론

부두 및 방충재(Fender) 설계 그리고 선박이 부두에 안전하게 접안하기 위해서는 선박 접안에너지를 산정하는데, 이 접안에너지 구성요소 중 가장 영향력이 큰 요소는 접안속도이다. 선박의 대형화를 고려하여 부두설계시 설계접안속도를 현행 일반적인 기준인 10-15cm/s보다 높은 값(예:20cm/s)으로 설정한다면 도선사의 접안속도가 다소 빨랐더라도 부두에 설치된 방충재(Fender)가 접안에너지를 흡수할 수 있는 안전여유(Safety margin)를 가질 수 있게 되는 것이다.

이에 본 연구에서는 선박접안속도 관련 국내외 동향을 살펴보고, 국내부두에서의 접안속도 실측데이터를 통계적 수단 및 알고리즘을 활용해 분석하여 안전하고 효율적인 부두설계 및 도선운업을 위한 기초 자료로 제시하였다.

참 고 문 헌

- [1] Kang, E.J.; Lee, H.T.; Cho, I.S.(2021). "Analysis of allowable berthing velocity by ship size considering designed energy", J. Coast. Disaster., 8, pp. 297 - 306.
- [2] Lee, H.T.; Lee, J.S.; Son, W.J.; Cho, I.S.(2020). "Development of machine learning strategy for predicting the risk range of ship's berthing velocity", J. Mar. Sci. Eng., 8, 376.
- [3] Kang, E.-J.; Lee, H.-T.; Kim,D.-G.; Yoon, K.-K.; Cho, I.-S.(2022). "Grouping Pilots' Maneuvering Types According to Berthing Velocity Using Agglomerative Clustering Algorithm", J. Mar. Sci. Eng. 10, 1452.