

## 선체 및 프로펠러 성능 모니터링 방법 실선 적용을 통한 고찰

김동현\* · 정봉규\*\*† · 한승재\*\*\*

\* 한국조선해양기자재연구원 선임연구원, \*\*\* 국립경상대학교 해양경찰시스템학과 교수,

\*\* 국립부경대학교 실습선 가야호 주무관

A Study on the Monitoring Method of Ship Hull and Propeller Performance  
by Operating Ship

Dong-Hyun KIM\* · Bong-Kyu JUNG\*\*† · Seung-Jae HAN\*\*\*

\* Senior Researcher, Korea Marine Equipment Research Institute Busan Haeyangro 435, Korea

\*\* Professor, Department of Maritime Police &amp; Production System, Gyeongsang National University, Tongyeong, 53064, Korea

\*\*\* Kayaho Officer, Pukyong National University, Busan 48513, Korea

**요 약** : 본 연구는 ISO19030 - 선체 및 프로펠러 성능 모니터링 방법을 실선 178k 벌크선박에 적용한 결과에 관한 것이다. 최근 온실가스 저감 규정 대응과 해운 경쟁력 확보를 위해 에너지 저감 솔루션을 선박에 적용하려는 시도가 증가하고 있다. 하지만 정량적으로 선박 성능을 분석하기 쉽지 않아 에너지 저감 솔루션의 평가가 쉽지 않았다. 이러한 해운 산업의 요구에 따라 2016년 ISO19030이 표준화되어 선박 성능 분석을 정량화할 수 있는 기반이 마련되었다. 하지만 ISO19030에서 제안하는 환경 보정법은 각 날씨 영향을 고려한 보정이 아닌 정수(Calm Sea) 상태에서 운항한 데이터만 분석하는 방식이다. 이러한 분석 방식은 선박의 운항 구간에 따라 데이터가 필터링 되는 편차가 심하고 정확한 환경 보정을 하지 않아 6개월 이하의 분석은 신뢰하기 어렵다. 본 연구에서는 ISO19030을 실제 3척 선박 3년 이상 장기간 운항 데이터에 적용하였다. 적용 결과를 토대로 ISO19030 효용성과 한계점을 파악하고 ISO19030에서 제안하는 필터링 방식 대신 ISO15016의 과도 보정(STA-WAVE2)을 통해 성능 분석 방법을 개선하고자 한다.

**핵심용어** : ISO19030, ISO15016, 선박성능관리, 운항빅데이터, 의사결정 지원

**Abstract** : This study analyzes the results of applying the ISO19030 (hull and propeller performance monitoring method) standard to an actual 178 k bulk vessel. Recently, there have been many attempts to apply various energy reduction solutions to vessels to continuously strengthen GHG reduction regulations and secure maritime competitiveness. However, it is not easy to quantitatively analyze the performance of a ship. To resolve these problems, shipping companies, marine paint companies, ship owners, and transportation associations have appointed specialists and standardized the ISO19030 (standard of hull and propeller performance monitoring method) guidelines in 2016 after three years of continuous review. The ISO19030 standard provides methods to monitor hull and propeller performance quantitatively through standardized procedures, thus allowing ship managers to arrive at informed decisions for hull and propeller maintenance, and to evaluate energy-saving solutions and ship-maintenance efficiency. The ISO19030 standard provides a method of analyzing the ship's own performance by collecting the ship's operation and agency data and correcting its environmental and operating factors. In this paper, we apply the ISO19030 standard to three actual ships and propose the ISO19030 application result and the improvement point of the current ISO19030 standard.

**Key Words** : ISO19030, ISO15016, Ship Performance Management, Ship Big Data, Decision making

## 1. 서 론

최근 환경 문제, 해운 경쟁 심화로 인해 선박 회사는 비용 절감을 위해 선박 성능을 관리하고 개선을 위한 노력을 하

고 있다. 연료비가 선박 운영비의 가장 큰 부분이며 선박의 속도는 운송 수익에 직접적인 영향을 주기 때문에 선박 성능 분석에 따른 올바른 의사결정은 해운사 이익과 직결된다(Pétursson, 2009). 전 세계 선박 에너지 사용량 중 약 10%가 선체 및 프로펠러 성능 저하로 발생하고 연간 비용은 수십억 달러로 추정된다(Solonen, 2017). 이러한 손실 때문에 최근

\* First Author : kdh9942@komeri.re.kr, 051-400-5142

† Corresponding Author : bkjung@gnu.ac.kr, 055-772-9189

세계 최대 철광석 회사 VALE 사는 2018년 선박 운송 계약 시 선박 속도별 연비 보증을 계약서에 포함하였고, 최근 운송 계약 뿐 아니라 선박 정비, 선박매매, 신조발주 계약에도 운항 데이터에 근거한 선박 연비 보증이 포함되고 있다.

하지만 선박 성능은 선박의 격년(Aging)에 따른 성능저하인지, 외부 환경 요인(파도, 바람, 조류)에 의한 일시적인 저하인지 판단하기 어렵다. 또한 분석 방법이 표준화되지 않아 관련 이해관계자 사이의 논쟁이 되었다. 이러한 배경으로 2013년 대학, 선박 도료 업체, 선박 기자재 업체, 선주, 선급을 대표하는 50명의 전문가 팀이 선박 성능 분석을 위한 ISO표준을 정의하기 위해 구성되었다. 이들은 약 3년간 작업을 통해 2016년 선박 성능 분석 표준인 ISO19030(Ship and Marine Technology - Measurement of Changes in Hull and Propeller Performance)을 발표하여, 선박 성능을 분석하고 모니터링할 수 있는 척도를 제공하였다(Eniram, 2016). ISO19030 방법은 현재 수집된 데이터를 보정과 필터링을 통해 정수(Calm Sea) 상태로 추진 동력을 보정하고 보정된 추진 동력으로 얻을 수 있는 신조 선박 상태의 추진 속도와 현재 선박 속도 차이 비로 정의되는 선박 성능을 구하는 방식이다.

본 연구에서는 ISO19030을 실제 운항 선박 3척에 적용하여 ISO19030의 효용성과 개선점을 식별하고자 한다. 그리고 ISO19030 여러 개선점 중 환경 보정 필터로 인한 데이터를 활용하지 못하는 문제와 보정의 정확성을 높이기 위해 ISO15016에서 제안하는 파도 보정을 적용하였다.

## 2. ISO19030 표준 소개

### 2.1 ISO19030 주요 절차

ISO19030표준에서 선박 성능은 동일한 동력으로 얻을 수 있는 선박 추진 속도의 변화로 정의된다. 통상 선박 성능 변화 기준은 선박 인도 시점의 시운전 속도-동력 데이터를 사용하며, 해당 데이터가 없다면 수조 시험 데이터, CFD를 통해 작성될 수 있다.

ISO19030표준은 아래 6가지 단계를 통해 선박 성능을 계산할 수 있으며, ISO19030표준에서 요구하는 운항 데이터 확보가 어려울 경우 ISO19030-3에서 쉽게 얻을 수 있는 운항 데이터로 분석할 수 있는 절차를 제시하고 있으나 본 연구에서는 연구 대상에 포함되지 않는다.

① Table 1과 같이 분석에 사용할 운항 데이터를 준비한다. 분석이 필요한 구간의 데이터는 최소 6개월 이상 필요하다.

② 해상 시운전 데이터, 수조 시험 데이터, CFD 계산 데이터 또는 실제 운항선에서 수집된 데이터를 기반으로 기준 속도-동력 곡선을 확보한다.

③ 데이터 센서의 이상치와 항해 구간 중 침로 변경, 속도의 급격한 변경 등의 데이터 필터링하여 제거한다.

④ 운항 데이터의 추진 동력에서 바람에 의한 동력 증감을 보정한다.

⑤ 수집된 속도와 보정된 동력을 기준으로 ②의 기준 속도-출력 곡선과 비교하여 속도 변화 비율을 구한다. ISO19030에서는 각 데이터에서 산출된 현재 속도와 신조 상태에서 추정된 속도 간의 변화율을 PV(Performance Value)라 칭하며 식(5)로 정의한다.

⑥ 원하는 기간에 대하여 Beaufort No4(풍력 등급4) 이상(풍속 기준 7.9m/s 이상)의 데이터는 필터링하고 남은 데이터의 PV값을 평균하여 분석 기간에 해당하는 선박의 성능 분석값을 구한다.

Table 1. Table of measurement variables according to ISO19030 standard

| Variable Factor           | Minimum Data Collection Cycle      | Unit    |
|---------------------------|------------------------------------|---------|
| Ship Speed on Surface     | Every 15 Seconds                   | knots   |
| Transmission Power        | Every 15 Seconds                   | Kw      |
| Number of shaft rotations | Every 15 Seconds                   | rev/min |
| Relative Wind Velocity    | Every 15 Seconds                   | m/s     |
| Relative Wind Direction   | Every 15 Seconds                   | °       |
| Ground Speed              | Every 15 Seconds                   | Knots   |
| Ship's Bearing            | Every 15 seconds                   | °       |
| Rudder Angle              | Every 15 Seconds                   | °       |
| Depth                     | Every 15 Seconds                   | m       |
| Draft                     | In and out of Ports and on Changes | m       |
| Sea Temperature           | Every 15 Seconds                   | °C      |
| Atmospheric Temperature   | Every 15 Seconds                   | °C      |
| Air Pressure              | Every 15 Seconds                   | Pa      |

### 2.2 ISO19030 동항 및 개선점

ISO19030 표준으로 인하여 선박 성능을 정량적으로 측정할 수 있게 되었으나 여러 개선점이 지적되고 있다. ISO19030의 개선점은 크게 세가지로 요약 될 수 있다.

첫째는 ISO19030에서 바람으로 인한 추진 동력을 보정하나 파도에 대한 보정을 수행하지 않는다. 대신 풍속 7.9 m/s 이상 날씨 구간의 데이터를 분석에서 제외하는 방식으로 정수(Calm Sea)중 환경을 가정하여 선박 성능 결과를 도출한다. 이러한 방식은 계산과 이해가 쉬운 장점이 있지만 파도에 대한 영향을 고려하지 않아 분석 결과의 오차가 크다. 이러한 오차의 편차를 줄이기 위해 ISO19030는 최소 6개월~12개월 성능 변화 값을 평균하여 도출되도록 규정하고 있어 6개월 미만 구간에서는 분석 결과를 신뢰 할 수 없다(Eniram, 2016). 그리고 풍속 7.9 m/s 이상 데이터를 필터링하게 되면, 통상 30 ~ 70 % 가량의 데이터가 분석에 사용되지 않기 때문에 성능 분석 결과가 해당 운항 구간의 결과로 인정할 수 있는지에 대한 지적도 있다(Park et al., 2017).

두 번째는 조류(Current) 영향 보정을 위해 GPS에서 측정된 대지 속도(Speed Over Ground) 대신 Speed-Log에서 측정된 대수 속도(Speed Toward Water)를 사용한다. 하지만 Speed-Log의 설치 시 엔지니어의 숙련도, 격년(Aging)으로 인한 오차 등으로 대수 속도가 정확하지 않는 문제가 있다.

세 번째로 ISO19030 분석 결과는 한 선박 내에서 시간에 따른 성능 변화 비교만 가능하며 타 선박과의 성능 비교는 표준에서 허용하지 않는다. 그리고 외력, 선박 운항 각 요소 변화에 따른 성능 변화 자체를 계산할 수 없어 다양한 의사결정에 활용하기 어려운 한계가 있다(Paereli and Krapp, 2017). 본 연구에서는 첫 번째 지적된 환경 보정 방식을 필터링이 아닌 파도 보정 방식을 추가하여 ISO19030의 문제점을 개선코자 한다.

### 3. ISO19030 적용을 위한 데이터 처리

#### 3.1 적용 선박 제원

적용된 선박은 Table 2와 같이 벌크선 선박 3척으로 모두 동일한 제원의 자매선(Sister Ship)이다. 자매선을 적용한 이유는 ISO19030 표준 자체의 성능 결과의 정확도를 파악하기 위함으로 선박 선종 변화에 따른 영향을 최소화 하고자 함이다. 3척 선박 모두 입거(Dry Docking) 이후부터 수집을 시작하여 3년간 성능 분석을 수행하였다.

Table 2. Ship's Particulars for ISO19030 Method

| Kind of Ship | LOA     | Dead Weight | Main Engine          |
|--------------|---------|-------------|----------------------|
| Bulk Carrier | 291.8 m | 176,000 mt  | 16,860 Kw,<br>91 Rpm |

#### 3.2 운항 데이터 취득

적용된 선박의 운항 데이터는 Fig. 1에서와 같이 자동 데이터 수집 장치로 15초 주기로 수집되었다. 수집 데이터의 센서 장애에 대비하기 위하여 실시간으로 육상에서 데이터를 수집하고 해당 센서의 장애 유무를 확인하는 시스템을 구성하였다.

대부분 센서 정보는 장애 없이 수집되었으나 축마력계(Shaft Power Meter)는 잦은 고장으로 인한 데이터 수집 불가능한 경우가 있었고 무엇보다 선박 특성상 해당 고장을 수리하는데 선박 항로에 따라 3개월 이상 걸리기도 하였다. 그외 기온, 대기압 정보는 선박 해당 정보를 수집하는 센서가 없

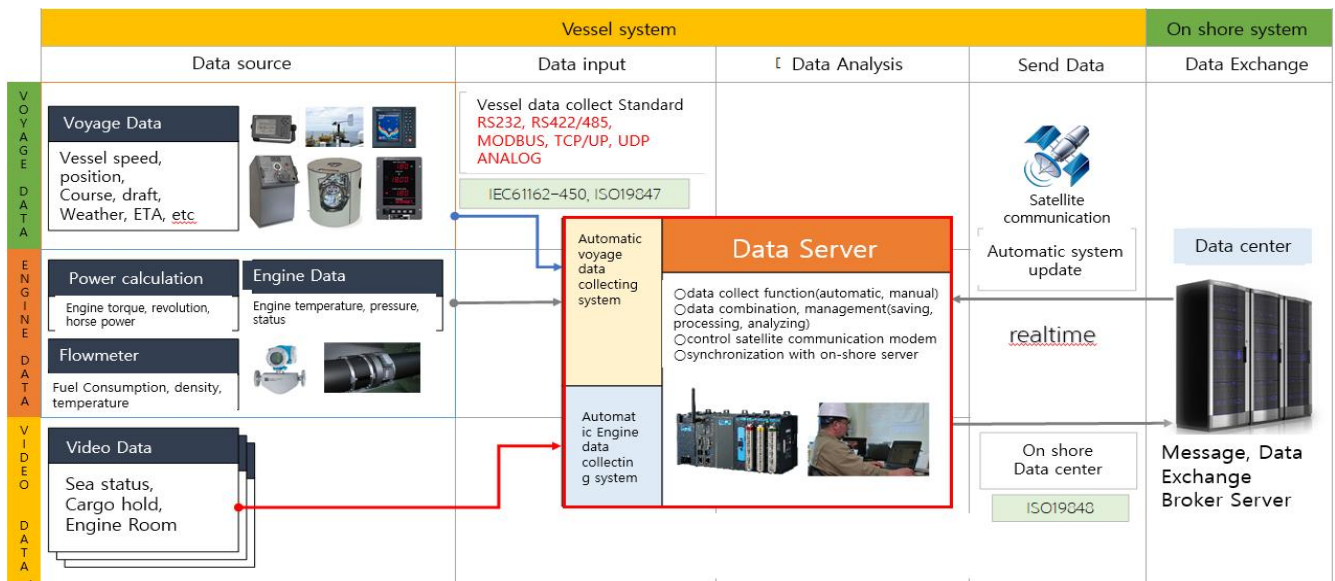


Fig. 1. Configuration diagram of data collection device.

어 기상정보를 활용하였다.

적용된 데이터는 Table 3과 같이 총 3척으로 2015년 입기 이후부터 2019.02.28.까지 데이터를 분석에 활용하였다. 선박의 정박 중 데이터는 제외하였고 간혹 센서 정보가 수집이 불량한 구간도 제외하였다. 그 외의 데이터 처리는 수행하지 않고 ISO19030 표준에 따라 분석을 시행하였다.

### 3.3 기상 정보 데이터

기온, 대기압력은 대부분 선박에서 해당 정보를 측정하는 센서가 없어, 미국대기해양청(NOAA) 기상 정보를 활용하였다. 온도, 기온, 대기압력 등의 기상 정보 정확도는 선박의 센서를 대신하여 사용 할 수 있다는 연구 결과가 있으며 (Bos, 2018), 본 연구에서 기상 정보의 대략적인 정확도를 파악하기 위해 Fig. 2와 같이 수집된 센서 정보의 수온과 기상 정보(Now-Cast)의 수온 정보를 비교하여 보았을 때 센서 정보와 오차율은 식(1)에 따라 5% 이내이며 이 오차율이 최종 성능 분석에 미치는 영향은 1% 이내로 허용치 이내로 판단된다.

$$E_{met} = \left( \frac{| \text{측정수온값} - \text{기상모델수온값} |}{\text{측정수온값}} \right) \times 100 \quad (1)$$

$E_{met}$  : 측정수온값과 기상모델 수온값 오차율

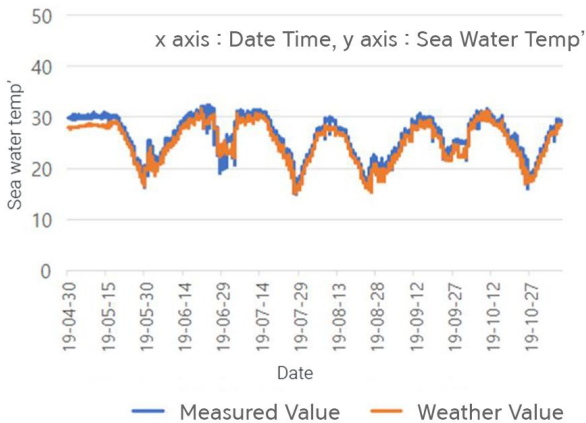


Fig. 2. Comparison the sea temperature value from the ship's sensor with the sea temperature value from the weather information.

### 3.4 동력 데이터 취득을 위한 축마력, 연료마력

ISO19030에서는 축마력계(Shaft Power Meter)에서 측정된 동력을 사용하며, 축마력계 사용이 어려운 선박은 연료 소모량으로 추정된 연료마력을 사용하도록 제안하고 있다. 본 연구에 적용된 선박 3척 모두 축마력계를 장착하고 있으나

Fig. 3에서 보는 바와 같이 축마력과 연료마력의 차이가 1,500 Kw로 축마력계의 이상이 의심되며, 축마력계의 잦은 고장으로 ISO19030 부속서C에서 제안하는 식(2)로 계산된 연료마력을 동력 데이터로 사용하였다.

3척 선박에 장착된 축마력 계는 동일 제조사의 제품이긴 하나 해당 제조사의 축마력 계 뿐 아니라 다양한 제조사의 축마력계 또한 동일한 증상을 겪고 있는 것으로 분석되었다. 주요 고장의 원인은 축마력계 센서와 데이터 취득부분의 간격 불량으로 인한 데이터 취득불가, 센서 고장으로 식별되었다. 그리고 축마력계는 선박 승무원이 주의 깊게 관리하는 장비가 아니기 때문에 고장 시 수리에 걸리는 시간이 오래 걸리는 특징이 있었다.

결론적으로 3척의 선박의 축마력계에서 측정된 추진 동력 값은 연료마력과 비교하여 10% 이상 낮아 선박 성능이 과도하게 좋게 분석되는 결과가 나와 신뢰하기 어려웠다.

$$P_B = SFOC \times M_{FOC} \times \frac{LCV}{42.7} \quad (2)$$

$P_B$  : 연료 소모량으로 추정된 전달 동력(kW)

SFOC : Specific Fuel Oil Consumption(g/kWh)

$M_{FOC}$  : 연료 소모량(MT)

LCV : 저위발열량(kcal/kg)

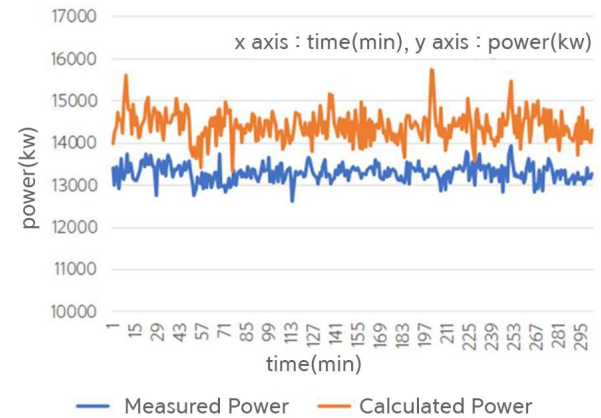


Fig. 3. Comparison of power values calculated from the measured power and fuel horsepower in the axial force meter.

## 4. ISO19030 분석 상세

### 4.1 데이터 이상 치 제거

수집된 데이터는 ISO19030 부속서I 절차에 따라 겹치지 않는 10분 간격으로 묶은 블록으로 분리되어야 한다. 분리된

## 선체 및 프로펠러 성능 모니터링 방법 실선 적용을 통한 고찰

10분 블록 데이터는 식(3) Chauvent 기준법에 따라 데이터의 발생 확률과 데이터 개수의 곱이 0.5 이하일 경우 이상 값으로 간주하고 제거하였다.

$$P(d_i) = \text{erfc}\left(\frac{\Delta_i}{\sigma \cdot \sqrt{2}}\right) \quad (3)$$

$d_i$  : 각 데이터

$\Delta_i$  : 데이터( $d_i$ )와 데이터 평균 차이의 절대 값

$\sigma$  : 10블록데이터의 표준 오차

$P(d_i)$  : 데이터( $d_i$ )의 발생 확률

$\text{erfc}$  : 보안적인 오차 함수

Chauvent 기준법을 수행 후 남은 데이터에 대하여 ISO19030 부속서J에 따라 Validation을 수행하면 RPM 표준 편차 오차는 3 rpm 미만, 대지 속도(Speed Over Ground), 대수 속도(Speed Toward Water)는 표준 편차 오차 0.5 Knots 미만 기준으로 필터링 결과 Table 3과 같이 각 33%, 41%, 12% 데이터가 제거되었다. 이상치 제거는 선박 운항 특성과 센서의 품질에 따라 다소 차이가 있으나 통상적으로 10~20% 정도의 데이터가 필터링 되는 경향을 보였다.

### 4.2 바람에 따른 마력 보정

이상치 제거 후 바람에 따른 마력 보정이 수행된다. ISO19030 표준에서는 바람에 따른 마력 보정은 ISO15016의 시운전 해석법에 따라 보정할 것을 제안하고 있으며, ISO15016에서 제안하는 바람에 따른 마력 보정은 ITTC Chart에서 제공하는 대표 선박에 따른 보정, Fujiwara 방법에 따른 보정, 해당 선박에 맞는 풍하중 곡선에 따른 보정은 3가지이다. 본 연구에서는 Fujiwara 법에 따른 식(4)에 따라 바람 보정을 시행하였다(ISO15016, 2015).

$$R_{wind} = 0.5\rho_A \cdot C_{AA}(\psi_{WRref}) \cdot A_{XV} \cdot V_{WRref}^2 - 0.5\rho_A \cdot C_{AA}(0) \cdot A_{XV} \cdot V_G^2 \quad (4)$$

$A_{XV}$  : area maximum section exposed to the wind( $m^2$ )

$C_{AA}(\psi_{WR})$  : wind resistance coefficient

$C_{AA}(0)$  : wind resistance coefficient in head wind

$V_G$  : ship's speed over ground (m/s)

$V_{WRref}$  : relative wind velocity at the reference height (m/s)

$\psi_{WRref}$  : relative wind direction at the reference height (m/s)

$\rho_A$  : mass density of air ( $kg/m^3$ )

### 4.3 PV(Performance Value) 계산

PV는 수집된 데이터 한 점에서 선박의 성능 변화로 속도 손실률로 정의된다. PV는 수면상 선박 속도  $V_M$ 과 수면상 예상 속도  $V_E$ 와의 상대적 차이로 식(5)에 따라 계산 된다. 식(5)에서  $V_E$ 는 현재 계측된 추진 동력을 신조 선박의 속도-동력 곡선 데이터에 대입하여 추정된 대수 속도(Expected Speed)이다. 대수 속도 추정 시 흘수 보정은 속도-동력 곡선에서 Ballast 상태와 Scantling 상태를 기준으로 선형 보간법을 통해 보정된다.

$$PV = 100 \times \frac{V_M - V_E}{V_E} \quad (5)$$

PV : 성능 값(%)

$V_M$  : 계측된 대수 속도(m/s)

$V_E$  : 계측된 동력으로 신조 상태에서 낼 수 있는 예측 추진 속도(m/s)

### 4.4 환경 요인 필터링

ISO19030에서 파도 보정 대신 아래 기준의 환경 필터링 조건이 적용된다.

- 수온이 2°C 이하.
- 절대 풍속이 0 m/s ~ 7.9 m/s일 것.
- 수심이 과도하게 낮지 않을 것.

Table 3에서 보는 바와 환경요인으로 인하여 약 30~40% 데이터가 제거되는 경향을 보였다. 본 연구에 적용된 선박

Table 3. Data applied to ISO19030 analysis & Results applied to ISO19030 Filtering

|          | Period of Data Application | Number of Measurement Data | Remove Abnormal Data | Remove the Environment Data | Usage Data      |
|----------|----------------------------|----------------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------|
| Ship "A" | 2015.09~2019.02            | 3,822,231                  | 649,779 (17%)        | 1,261,336 (33%)             | 1,911,116 (50%) |
| Ship "B" | 2015.11~2019.02            | 6,500,223                  | 390,013 (6%)         | 2,665,091 (41%)             | 2,795,096 (43%) |
| Ship "C" | 2015.04~2019.02            | 4,138,232                  | 496,588 (12%)        | 1,406,999 (34%)             | 2,234,645 (54%) |

의 운항 항로가 한국, 호주이며 해당 항로의 해상 상태는 대부분 좋은 날씨임을 감안할 때 기존 연구(Park et al., 2017)에서 지적하는 것과 같이 환경 요인 필터로 인한 데이터 제거가 과도하다는 것을 확인 할 수 있다.

#### 4.5 선박 성능 분석값 도출

선박 성능 분석은 Table 4와 같이 운항 구간을 6개월 단위로 구분하고 각 6개월의 운항데이터를 ISO19030 분석 절차에 따라 보정과 필터링 후 남은 데이터의 PV(Performance Value)를 평균하여 최종 성능 변화를 도출하였다. 도출된 성능 변화(신조대비 동일 동력에서 선박 속도 변화)는 Table 4와 같이 장기간 성능 저하 추세는 뚜렷하나 짧은 구간에서 성능이 변화가 오히려 좋아지는 구간이 있는 상식과 반대되는 결과를 보이고 있다. 이는 2장에서 언급한 단기간 구간에 대한 ISO19030 분석 결과가 신뢰할 수 없다는 의견과 일치한다.

### 5. 개선 방안

#### 5.1 ISO15016 파도 보정 방법

본 연구에서는 선박 운항시 기상요인에 따른 선박 동력 증감 보정을 위해 ISO19030에서 제안하는 환경 요인 필터링 방법 대신 ISO15016의 STAWAVE-2법을 사용하여 파도에 의한 부가저항 보정을 제안한다. ISO15016에서 제안하는 파도 보정 방법은 STAWAVE-1, STAWAVE-2, Theoretical Method, Seakeeping Model Test 4가지가 있다. STAWAVE-1은 계산이 용이하나 선박의 운동에 기인하는 부가저항이 무시됨에 따라 장파조건에서만 사용이 가능하다는 단점이 있으며, Theoretical Method, Seakeeping model Test 방법은 해당 보정법에 필요한 선박 설계 자료를 확보하지 못하여 적용이 불가

하였다. 그래서 본 연구에서는 STAWAVE-2를 적용하였다. STAWAVE-2는 선박 제원과 속도와 같은 파라미터를 사용하여 규칙적인 파도에서 선박 평균 저항의 증가를 근사화하는 경험적 방법이며, STAWAVE-1보다 정확한 방법이다. ISO15016에서 제안하는 불규칙파중 평균부가저항 계산식은 (6)과 같다(Seo et al., 2019).

$$R_{aw} = 2 \int_0^{2\pi} \int_0^{\infty} \frac{R_{wave}(\omega, \alpha, V_s)}{\zeta_A^2} E(\omega, \alpha) d\omega d\alpha \quad (6)$$

$$R_{wave} = R_{AWML} + R_{AWRL}$$

$$R_{AWML} = 4\rho s g \zeta_A^2 \frac{B^2}{L_{pp}} r_{aw}(\omega)$$

$$R_{AWRL} = \frac{1}{2} \rho g \zeta_A^2 B \alpha_1(\omega)$$

여기서  $R_{aw}$ 는 불규칙파중 평균부가저항,  $R_{wave}$ 는 규칙파중 평균저항,  $\zeta$ 은 Wave Amplitude,  $\omega$ 는 규칙파의 원주파수,  $\alpha$ 선박 진행방향과 파도와의 만남각,  $V_s$ 는 대수 속도,  $E$ 는 회전 스펙트럼으로 불규칙한 파도의 특성을 여러 규칙파를 성분 중첩하여 나타내는 방식이며 본 연구에서 ISO15016부속서E에 따라 기상 정보 파고, 파주기, 파향 데이터를 사용하여 계산되었다.  $B$ 는 선박넓이,  $\alpha_1$ 은 선박특성계수를 뜻한다. 결국  $R_{aw}$ 는 파도에 의한 부가저항의 총량을 의미하고, 이는 선박의 운동에 기인하는 저항증가량( $R_{AWML}$ )과 반사파에 의한 저항증가량( $R_{AWRL}$ )의 합을 통해 구해 질 수 있다(ISO15016, 2015; Seo et al., 2019).

#### 5.2 파도 보정을 한 분석 결과

선박 성능 분석은 ISO19030을 분석과 동일한 기간 동안 동일한 방법으로 수행하되 ISO19030 날씨 필터를 제거하고

Table 4. A result of applying to ISO19030

| Months   | 6      | 12     | 18     | 24      | 30      | 36      |
|----------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| Ship "A" | -7.9 % | -5.6 % | -8.9 % | -10.8 % | -12.7 % | -17.3 % |
| Ship "B" | -3.1 % | -2.3 % | -7.9 % | -3.1 %  | -6.5 %  | -10.3 % |
| Ship "C" | -4.3 % | -3.4 % | -4.7 % | -12.4 % | -13.4 % | -14.5 % |

Table 5. A result of applying to wave correction (STAWAVE-2) to ISO19030

| Months   | 6      | 12     | 18      | 24      | 30      | 36      |
|----------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| Ship "A" | -8.9 % | -9.2 % | -10.4 % | -11.2 % | -12.7 % | -14.3 % |
| Ship "B" | -6.1 % | -6.3 % | -7.4 %  | -8.6 %  | -9.5 %  | -10.3 % |
| Ship "C" | -9.3 % | -9.4 % | -10.1 % | -11.9 % | -13.1 % | -14.1 % |

## 선체 및 프로펠러 성능 모니터링 방법 실선 적용을 통한 고찰

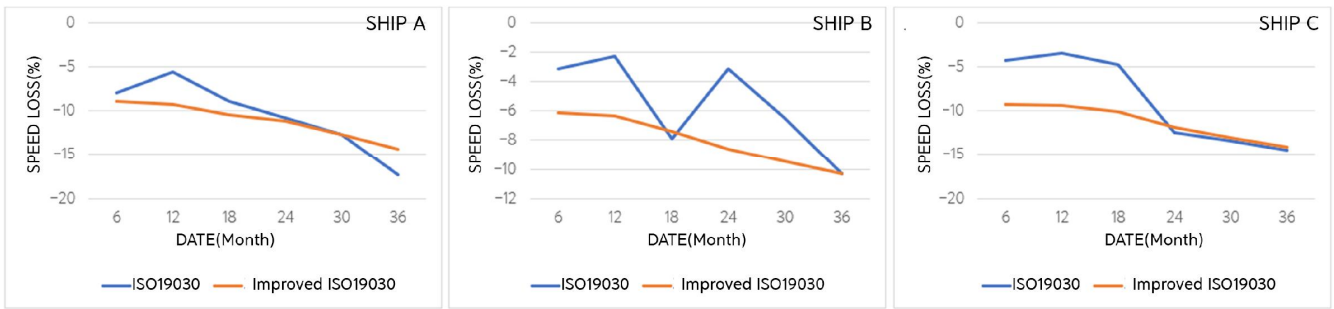


Fig. 4. Comparison of analysis result about applying to ISO19030 and applying to wave correction (STAWAVE-2) to ISO19030.

ISO15016의 파도 보정을 사용하였다. Table 5는 ISO15016에서 제안하는 파도 보정 결과이다. Table 4와 비교했을 때 전체적인 성능 저하 추세의 편차가 작아질 것을 알 수 있으며, 시간에 따른 선박 성능이 점차 낮아지는 추세가 더욱 분명함을 알 수 있다. 이는 기존 ISO19030에서 환경 요인 필터링을 통해 30~50% 가량의 데이터를 제거하지 않고 사용할 수 있어 분석 결과가 정확해진 결과이다.

## 6. 결론

본 연구에서는 ISO19030의 동향을 살펴보고 실제 장기간 운항데이터를 적용하여 ISO19030의 효용과 개선점에 대하여 연구하였다.

연구결과 ISO19030법으로 선박 성능을 분석하는 경우에는 2년 이상 장기적인 관점에서 선박 성능 분석이 가능하였으나 Table 4에서 선박A 12개월, 선박B 24개월, 선박C 12개월 시점의 분석 결과가 이전 6개월 시점보다 오히려 성능이 개선되는 결과는 신뢰하기 어렵고 성능의 편차가 큰 것을 알 수 있다. 그 원인은 ISO19030에서 제안하는 환경 필터링으로 많은 데이터가 분석에서 제외되며, 선박 추진 해석에 중요한 요소인 파도 보정이 되지 않는 것이 원인으로 분석 된다.

이를 개선하기 위해 환경 요인 필터링을 적용하는 대신 ISO15016에서 제안하는 파도 보정을 본 연구에서 적용하였다. Fig. 4는 기존의 ISO19030 분석결과와 파도 보정을 적용한 개선된 ISO19030 결과를 선박 별로 비교한 그래프이다. Fig. 4에서 개선된 ISO19030 방식이 기존의 ISO19030 방식보다 분석 오차가 적고, 선박 성능을 꾸준히 나빠지는 일반적인 선박 성능 저하 경향을 잘 반영하고 있음을 알 수 있다.

## 사 사

“이 연구는 2019년도 경상대학교 발전기금재단재원으로 수행되었음.”

## References

- [1] Bos, M.(2018), An Ensemble Prediction of Added Wave Resistance to Identify the Effect of Spread of Wave Conditions on Ship Performance, HullPic, pp. 1-13.
- [2] Eniram(2016), Methods for hull and propeller performance monitoring (part1).
- [3] ISO15016(2015), Ships and marine technology - Guidelines for the assessment of speed and power performance by analysis of speed trial data, ISO, Geneva, 2015.
- [4] Paereli, S. and A. Krapp(2017), Hull and Propeller Performance. On an Absolute Scale?, HullPic, Ulrichshusen, Germany, 27-29 March 2017, pp. 282-292.
- [5] Park, B. J., M. S. Shin, M. S. Ki, G. J. Lee, and S. B. Lee(2017), Experience in Applying ISO19030 to Field Data, HullPic, Ulrichshusen, Germany, 27-29 March 2017, pp. 150-155.
- [6] Pétursson, S.(2009), Prediction Optimal Trim Configuration of Marine Vessels with respect to Fuel Usage, Master's thesis, University of Iceland.
- [7] Seo, D. W., M. S. Kim, and S. Y. Kim(2019), Uncertainty Analysis for Speed and Power Performance in Sea Trial using Monte Carlo Simulation, Journal of the Society of Naval Architects of Korea, Vol. 56, No. 3, pp. 242-250.
- [8] Solonen, A.(2017), Experiences with ISO19030 and Beyond, HullPic, 13-15 April 2016.

Received : 2019. 12. 10.

Revised : 2019. 12. 26. (1st)

: 2020. 01. 13. (2nd)

Accepted : 2020. 02. 25.