

기계학습기반의 근사모델을 이용한 선박 횡동요 운동특성 예측에 관한 연구

김영롱* · † 박준범 · 문성배**

*한국해양대학교 대학원, **,† 한국해양대학교 항해학부 교수

A Study on the Prediction of Ship's Roll Motion using Machine Learning-Based Surrogate Model

Young-Rong Kim* · † Jun-Bum Park · Serng-Bae Moon**

*Graduate School of National Korea Maritime and Ocean University, Busan 49112, Korea

** , † Professor, Div. of Navigation Science, National Korea Maritime and Ocean University, Busan 49112, Korea

요약 : 이 연구는 선박의 내항성능 평가 요소로 사용되는 횡동요 운동특성의 예측에 관한 연구로, 운항중인 선박의 횡동요 RAO를 실시간으로 도출하기 위하여 기계학습 기반의 근사모델을 사용하였다. 근사모델에 의한 예측결과를 테스트데이터와 비교분석함으로써, 횡동요 운동특성 예측에 적합한 근사모델을 생성하기 위한 근사기법과 데이터 샘플링 조건에 대하여 제시하고자 한다.

핵심용어 : 내항성모듈, 횡동요운동, 운동응답함수, 근사모델, 기계학습, 가우시안 프로세스

Abstract : This study is about the prediction of ship's roll motion characteristic which has been used for evaluating ship's seakeeping performance. In order to obtain the ship's roll RAO during voyage, this paper utilized machine learning-based surrogate model. By comparing the prediction result data of surrogate model with test data, we suggest the best approximation technique and data sampling interval of the surrogate model appropriate for predicting the ships' roll motion characteristic.

Key words : Seakeeping Module, Roll Motion, Response Amplitude Operator, Surrogate Model, Machine Learning, Gaussian Process

1. 서론

일반적으로, 파랑 중 항해하는 선박의 항해 안정성을 평가하는 방법은 내항성능(seakeeping performance)을 이용하는 ... 근사모델의 예측 정확도를 비교분석하고, 횡동요 운동특성 예측에 적합한 근사모델 생성을 위한 학습데이터의 조건을 도출하고자 한다. (중략)

본 연구에서는 선박의 횡동요 운동특성에 대한 근사모델 생성을 위하여 9600TEU급 컨테이너선을 (중략)

2.2 수치시뮬레이션 조건

선박의 횡동요 RAO를 도출하기 위하여 영국 선급인 로이드의 3차원 패널방법을 적용한 소프트웨어 WAVELOAD-FD를 (중략)

2. 근사모델 생성을 위한 데이터 정의

2.1 대상 선박 제원

Table 1 Principal particulars of ship to be analyzed

| Particular | Model Ship |
|-------------------|------------|
| LOA[m] | 336.7 |
| LBP[m] | 321.0 |
| beam[m] | 45.6 |
| Depth[m] | 27.2 |
| Displacement[ton] | 119927.3 |

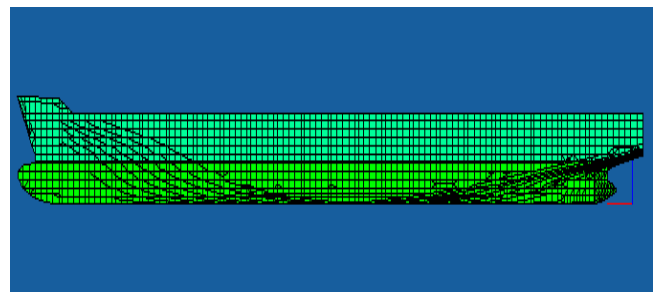


Fig. 1 Hull panel of model ship

2.3 파랑스펙트럼 정의

선체운동응답은 파랑에 기인하는 선박의 동요로서, ... 이를 고려하여 피크 주기 12.00sec, 유의파고 4.00m인 Pierson-Moskowitz 스펙트럼을 적용하였다. ... (중략) ...

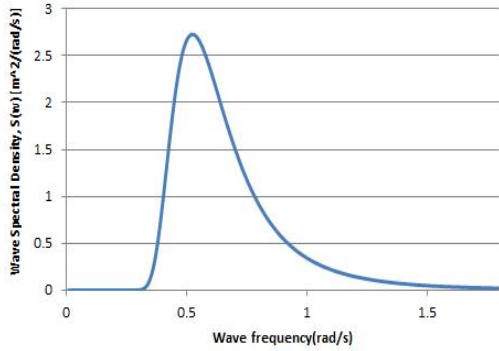


Fig. 3 ITTC Wave spectrum

3. 근사모델 생성을 위한 최적조건 도출

근사모델이란 시스템의 설계영역 내에서 설계변수와 출력 결과 간의 관계를 ... (중략) ...

3.1 근사 기법 추정

근사모델에 의한 예측값의 오차를 판단하기 위하여 절대평균 오차(Mean Absolute Error), ... (중략) ...

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i| \quad (3)$$

... (중략) ... TGP 근사기법을 활용한 근사모델이 선박의 횡동요 RAO를 예측하는데 가장 적합한 기법으로 판단되며, 데이터의 샘플링 간격 추정에는 TGP를 적용한다.

3.2 근사모델 적합성 판단기준 선정

근사모델의 적합성을 판단하기 위하여 식 (6)과 같은 상대 오차율의 개념을 도입한다. ... (중략) ... 판단을 바탕으로, 근사모델 생성에 적합한 오차율 기준을 평균오차율 0.5% 이하, 최대오차율 3.0%이하로 정한다.

3.3 데이터 샘플링 조건 추정

Fig. 6 및 Fig. 7은 Table 6에서 TGP기법의 결정계수 R^2 을 선속별로, 선수방위별로 비교하여 나타낸 ... (중략) ... 파의 주파수가 0.2-1.0 rad/s 범위에서는 RAO 예측결과가 거의 근사하나, 1.0 rad/s이상의 고주파 구간에서는 다소 오차가 발생하는 경향을 보인다.

3.4 운동응답 스펙트럼 도출을 통한 근사모델 검증

선박의 횡동요 RAO는 선체운동응답스펙트럼에 대한 m_0 , m_2 , Q 값 등의 운동 계산을 ... (중략) ... 근사모델을 실제 테스트데이터 대신에 무리없이 적용할 수 있을 것으로 사료된다.

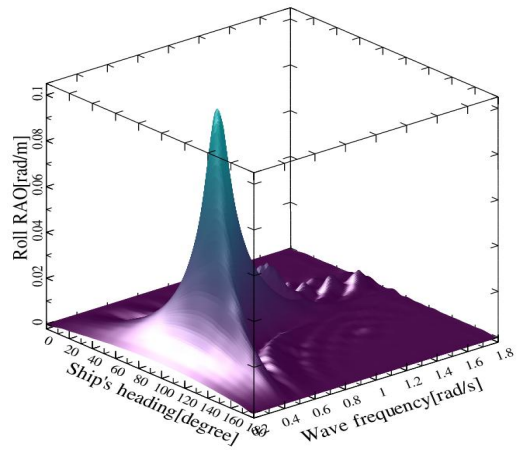


Fig. 10 Roll RAO Surrogate model at 18knot(case 6)

4. 결 론

본 연구에서는 3차원 패널법 기반 소프트웨어인 WAVELOAD-FD를 사용하여 ... (중략) ... 해당하는 횡동요 RAO 근사모델에 파랑 스펙트럼을 적용하여 선체 운동 응답스펙트럼을 도출한 결과, 실제 결과와 잘 부합하여 ... (중략) ... 후후 연구에서는 본 연구에서 도출한 근사모델을 활용하여 선박의 하중 상태에 따른 횡동요운동 특성에 관한 근사모델을 연구할 예정이다.

후 기

이 논문은 2018년 해양수산부 재원으로 한국해양과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(IMO 차세대 해양안전 종합관리체계 기술개발)

참 고 문 헌

- [1] ABS(2005), "Guidance Notes on Safehull-Dynamic Loading Approach for Container carriers"
- [2] ... (중략) ...