

선체 운동 평가를 위한 다기능 계측시스템 개발에 관한 연구

이윤석⁺ · 김철승⁺⁺ · 공길영⁺⁺⁺ · 송재욱⁺⁺⁺⁺ · 엄필용⁺⁺⁺⁺⁺

A Study On the Development of Multi-Purpose Measurement System for the Evaluation of Ship Dynamic Motion

Yun-sok Lee⁺, Chol-Seong Kim⁺⁺, Gil-Young Kong⁺⁺⁺, Chae-Uk Song⁺⁺⁺⁺ and Pil-Yong Um⁺⁺⁺⁺⁺

Abstract : In order to evaluate the safety of navigation at sea and the safety of mooring ship on berthing, it is necessary that the wave and wind induced ship dynamic motion should be measured in real time domain for the validity of theoretical evaluation method such as sea-keeping performance and safety of mooring. In this paper, the basic design of sensors is discussed and some system configurations were shown. The developed system mainly consists of 4 kinds of sensors such as three dimensional accelerator, two dimensional tilt sensor, two displacement sensors and azimuth sensor. Using the this measuring system, it can be obtained the 6 degrees of freedom of ship dynamic motions at sea and on berthing such as rolling, pitching, yawing, sway, heave, surge under the external forces.

Key words : Safety of Navigation, Safety of mooring, Sea-keeping performance, Measuring System, Ship Dynamic Motion

1. 서 론

차세대를 지향하는 조선 및 항해 기술의 과제는 선박이 출항지에서의 적화작업으로부터 기항지에서의 하역작업까지 고도의 안전성과 신뢰성을 유지하면서, 최적의 항로와 속력을 택하여 가장 경제적인 해상 수송을 수행하는 고 신뢰도 지능화 선박을 연구·개발하는 것이다. 이러한 고도의 안전성 및 신뢰도를 확보할 수 있는 지능화 선박의 자동운항시스템을 개발하기 위해서 반드시 해결해야 할 중요한 과제는, 하역작업시의 신속하고 안전한 화물 적화작업이 가능한 시스템 구축과 선박이 어떤 해상을 항해함에 있어 어느 정도의 운항 속도를 항해해야 하는 것인가와 선박의

종합적인 항해 안전성이 어느 정도인가를 정량적으로 판단하는 것이다. 그리고 만약 어떤 선박이 특정 기상 또는 해상상태에서 하역작업 또는 항행 중에 위험하다고 판단되는 경우, 그 위험 상태가 어떤 요소로 인해 유발되었으며 어떤 조치를 어떻게 얼마만큼 취해야 선박의 안전을 확보할 수 있는가 하는 것이다.

따라서 본 연구의 최종적인 목표는 선박의 항해 안전성과 정박 중인 선박의 계류 안전성 평가에 기초가 되는, 외력에 따른 선체운동 평가를 위한 다목적 계측시스템의 개발에 있다.

항해 안전성은 황천 등과 같은 비교적 거친 해상상태에서 특정 항로에 운항 중인 선박의 안전성을 내항 성능 이론을 이용하여 평가하고 있다. 또는 최근 항해 안전성 관련 연구¹⁻³⁾는 충분한 이론적인 연구 성과를

+ 이윤석(한국해양대학교 운항훈련원), E-mail: lys@bada.hhu.ac.kr, Tel: 051)410-4240
++ 김철승, 목포해양대학교 해상운송시스템학부
+++ 공길영, 한국해양대학교 항해시스템공학부
++++ 송재욱, 한국해양대학교 항해시스템공학부
+++++ 엄필용, (주) 엠아이티

기초로 기존 내항성능 평가 방법에 대한 문제점을 개선·보완하여, 실선에서 임의의 대표 한 요소만을 계측하여 선박 전체의 항해 안전성 평가하려는 항해안전성 종합 평가시스템을 구축하여 본격적인 실선 실험을 준비하고 있다. 이러한 항해안전성 종합 평가시스템¹⁾은 그 동안 선박 운항자이 감각적인 면에서 정량화된 평가요소로 채택하기 쉬운 상하가속도의 1/3 유의치를 계측하여, 다른 평가 요소와의 상관관계를 도출하여 선박의 종합적인 내항성능을 평가하는 시스템^{2,3)}이다.

한편 계류 안전성^{4,5)}은 특정 부두에 계류하여 하역 작업을 수행하고 있는 선박이 파랑, 바람, 조류 등과 같은 외력 하에서 수반되는 선체의 동적 동요를 해석하여 선체동요⁴⁾에 따른 한계 하역치의 설정 및 계류 한계 외력 등을 이론적 방법⁵⁾으로 접근하여 평가하는 연구가 진행되어져 왔다. 최근 계류 안전성 관련 연구는 신항만 신설이나 전용부두의 설계 시에 외력에 따른 계류 선박의 동적 동요를 해석하여 그 결과를 부두 시설물이나 방충재 등의 최대허용하중 설계에 이용하고 있다.

이러한 항해 안전성 및 계류 안전성 평가에 있어 가장 중요한 요소는 외력에 따른 선체의 동적 동요를 정량적인 방법으로 분석하여, 외력의 크기와 방향 그리고 선형에 따라 일반화하는 일이라 할 수 있다. 그 동안 항해 및 계류 안전성과 관련해서 수많은 연구들이 이론적인 접근 방식을 기초로 수치 시뮬레이션 또는 수리 모형 시험을 중심으로 진행되어 이론적인 부분에서 어느 정도 가시적인 성과가 있었다고 사료된다. 앞으로 과제는 이러한 이론적 연구를 실선에 적용하여 선박의 운항자가 직접적으로 활용할 수 있는 실용화 작업과 함께 이론적 연구 결과를 검증하는 일이라 할 수 있다.

따라서 본 연구는 항해 안전성과 계류 안전성 평가에 있어 기본이 되는 특정 조건 하에서 발생하는 선체의 동적 동요를 평가할 수 있는 선내 탑재용 다목적 계측시스템을 개발하는데 있다.

2. 다목적 계측시스템의 구성

선체 운동 계측을 위한 다목적 계측시스템은 선박

에 탑재하여 파랑, 바람, 조류에 의해 발생하는 선체 운동을 특정 센서를 이용하여 실시간으로 측정하고자 하는 시스템이다. 선박의 항해 및 계류 안전성을 종합적으로 평가하기 위해서는 Fig. 1과 같이 정량적인 외력을 분석할 수 있는 외력 분석 시스템, 항해 또는 정박 중인 선박의 상태에 관한 선박 데이터베이스 시스템, 그리고 외력에 의해 발생하는 선체 운동을 계측하는 운동 평가 시스템이 갖추어져야 한다. 다목적 계측 시스템은 Fig. 1의 운동 평가 시스템의 일부분에 해당되며, 외력 분석 시스템 및 선박 DB 시스템은 선박 측에 탑재된 각종 장비 또는 관련 자료를 활용하고 향후 관련 시스템을 추가 보완할 예정이다.

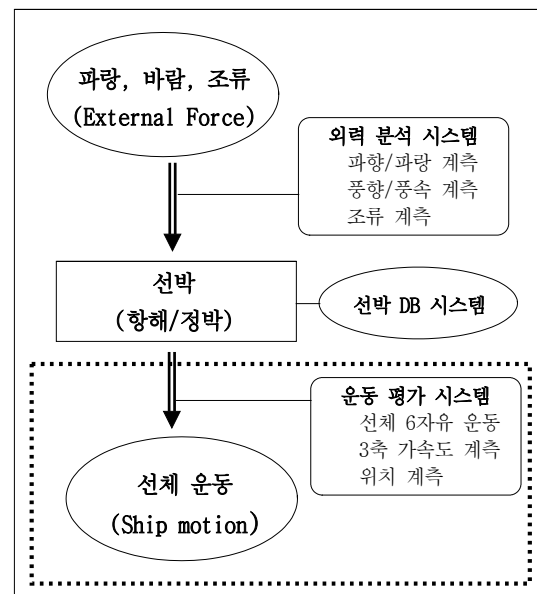


Fig.1 Total safety evaluation system

본 연구에서 개발하고자 하는 다목적 계측시스템은 다음과 기능을 수행 할 수 있는 시스템이어야 한다.

- 선내 탑재 가능한 시스템
- 항해/정박 중인 선박의 선체 운동 계측
- 실시간 영역에서 데이터 저장 및 디스플레이

따라서 다목적 계측시스템은 Fig.2와 같이 선체 운동을 계측 가능한 센서를 탑재한 H/W와 계측한 데이터를 자동 저장 및 분석하는 전용 S/W로 구성한다. 선내에 탑재할 H/W 장치는 항해 또는 계류 안전성 평가에 이용될 수 있도록 선체 6자유 운동, 상하가속

도, 좌우가속도, 전후가속도의 계측이 가능한 센서로 구성한다. 저장 및 분석용 전용 S/W는 H/W와 연결하여 계측 데이터를 PC에 직접 저장, 분석 및 디스플레이 할 수 있어야 한다.

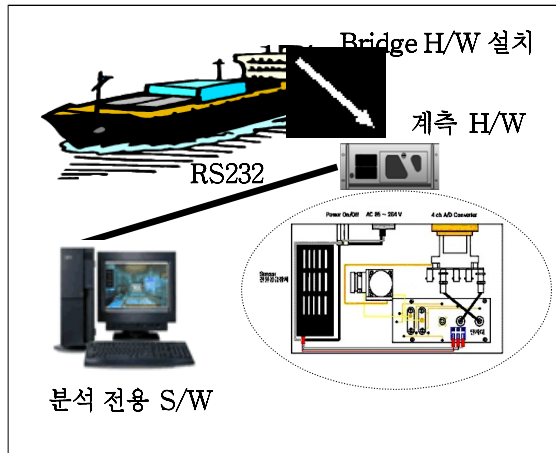


Fig. 2 Configuration of measurement system

외력에 따른 선체 6자유도 운동(Rolling, Pitching, Yawing, Surge, Sway, Heave)과 항해 안전성에 활용되는 가속도를 계측하기 위해 다목적 계측시스템에 개발에 이용된 센서는 3축 가속도계, 2개의 변위계, 2축 경사계와 방위계이다. 다음 표에 각 센서에 대한 상세를 나타낸다.

<Table. 1> Details of sensors

3-Dimensional Accelerometer	크기 또는 중량:78grams 최대 계측 범위:3G 출력신호:4~20mA 제조사:SEIKA
2-Dimensional Tilt Sensor	크기 또는 중량:98x64mm 최대 계측 범위:-90~90° 출력신호:4~20mA 제조사:SEIKA
Displacement Sensor	크기 또는 중량:160.5x47.5mm 최대 계측 범위:600~6000mm 출력신호:4~20mA 제조사:Leuze electronic
Azimuth Sensor	크기 또는 중량:74x74mm 최대 계측 범위:0~359.9° 출력신호:NMEA 0183

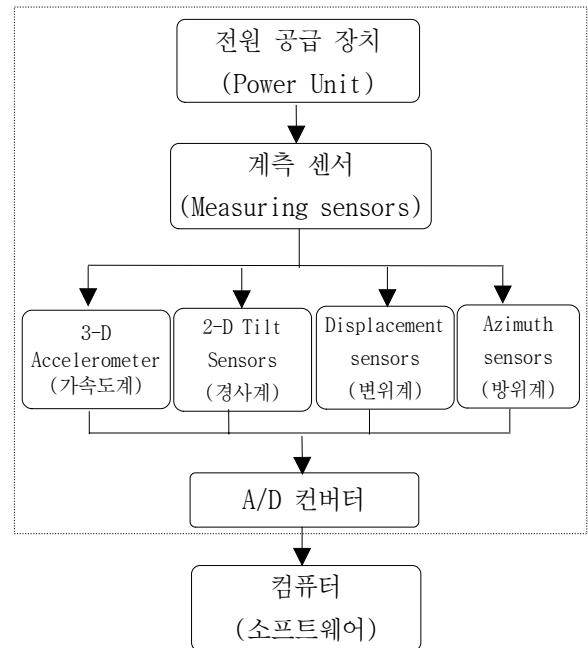


Fig.3 Internal flow charts of Hardware system

다목적 계측시스템의 H/W는 Fig.3의 내부 구성도와 같이 각종 센서(가속도계, 경사계, 변위계, 방위계), 전원공급장치, 신호처리를 위한 A/D 컨버터로 구성되면 PC의 전용 분석 S/W 프로그램과 데이터 통신이 가능하도록 설계하였다.

3. 다목적계측시스템의 개발

3.1 계측시스템의 H/W

선체 운동 계측을 위한 다목적 계측시스템을 개발하기 위한 본 연구에서는, 선내에 탑재되어 외력에 의해 발생하는 동적 동요를 계측 및 분석하기 위해 상하, 좌우, 전후방향의 가속도량을 측정하는 3축 가속도측정기를 포함해 방위 센서, 2축 경사계 및 초음파 변위계가 이용된다. Fig.4의 변위계를 제외한 모든 센서들은 H/W 내부에 장착된다. 계측시스템의 H/W는 Fig.5 & 6와 같이 파워 스위치가 파워 온 된 경우, 외부로부터 전원을 인가받아 소정의 전압 레벨로 변환시키기 위한 전원공급 장치, 선체의 6자유도 연성 운동의 정도에 따라 발생하는 각종 센서 신호를 전송하기 위해 외부와 연결되도록 하는 단자대(RS232)로 구성된다. 또한 단자대와 연결되어 각 센터를 통해 감

지된 신호를 디지털신호로 변환 또는 신호를 컴퓨터로 전송하여 계측치를 S/W로 분석 및 연산이 가능토록 변환하는 A/D 컨버터를 포함하고 있는 것이 특징이다.



Fig.4 Displacement sensors

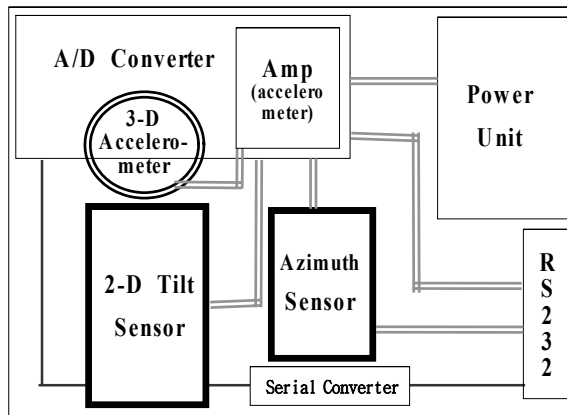


Fig.5 Hardware system of measuring device

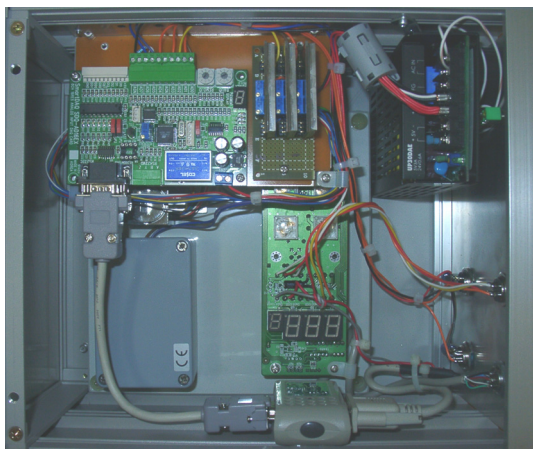


Fig.6 Real model of hardware system

실제 구축한 계측시스템의 H/W는 전원공급부, 파워 온/오프 스위치, 계측센서, 단자대 및 A/D 컨버터 등을 포함한 하나의 장치로 선교 또는 기타 선내 특정 장소에 직접 설치가 가능하다. 이러한 물리적 장치를 통해 수집된 정보는 A/D 컨버터를 통해 전용 분석 S/W 프로그램과 데이터 통신이 가능하며, S/W상에 저장 또는 분석된 자료들은 내항성능 이론을 기초로 구성된 항해 안전성 판별에 이용되거나 계류 안전성 판정 자료로 활용된다.

3.2 계측시스템의 분석 전용 S/W

계측시스템의 분석 전용 S/W 프로그램은 RS232 단자대를 통해 PC와 연결되어 실시간으로 수집된 각종 센서 정보들을 저장하거나 분석한다. 본 계측시스템의 분석 전용 S/W 응용 프로그램은 Visual Basic으로 작성 되었으며, RS232 통신을 위한 수신부는 2개의 채널로부터 데이터를 입력받을 수 있도록 구성되었다. 또한 A/D Converter로부터 수집된 데이터의 전송속도가 115200 Bps인데 비해서 방위 신호는 4800 Bps(NMEA 0183)의 속도로 데이터를 전송하므로 이 두 채널간의 데이터 전송속도 차가 시스템의 성능에 영향을 미치지 않도록 비동기 방식의 RS232 데이터 수신부를 구성하였다. 또한 계측시스템은 1개의 USB 포트로 PC와 인터페이스 되므로 타 장비 또는 소프트웨어에 사용되어 질 수 있다. 그리고 계측 H/W로부터 수집된 데이터는 모두 별도의 외부 데이터로 저장되므로 이 데이터를 이용하여 별도의 프로그램을 구성할 수도 있으며 타 시스템에 필요한 자료를 제공할 수도 있다.

분석 전용 S/W 프로그램은 우선 환경설정 파일(CFG File)을 사용하여 선체운동 각 계측 센서의 초기화(각 센서의 영점조정)를 수행한 후 초기화한다. 그리고 초기화가 완료되면 A/D컨버터를 통해 변환된 각 센서들의 디지털 출력 정보를 지정한 특정 파일에 일정 간격 동안 저장하면서 동시에 프로그램에 의해 설정된 최대 및 최소치 범위에 상응하는 값으로 변환되어 모니터 화면상에 시계열 데이터로서 표시되도록 한다.

분석 전용 프로그램은 초기 환경 설정을 통해 각 계측 환경에 따라 각기 다른 프로젝트로 관리할 수 있다. 여기서는 Fig.7 & 8과 같이 프로젝트명, Sampling Time, File Save Time 및 시험항목 설정이 가능하고, 차트 옵션을 통해 계측 스크프의 차트 스타일을 설정하여 계측시 사용자의 확인이 용이하도록 설정할 수 있다.

Fig.8에 각 센서로부터의 출력된 디지털 정보를 파일로 저장 또는 샘플링 시간을 설정하는 아이콘 화면을 제시하고, Fig.9에 센서로부터 계측된 각종 계측치를 표시하는 프로그램 화면을 일례로 제시한다.



Fig.7 Chart option screen

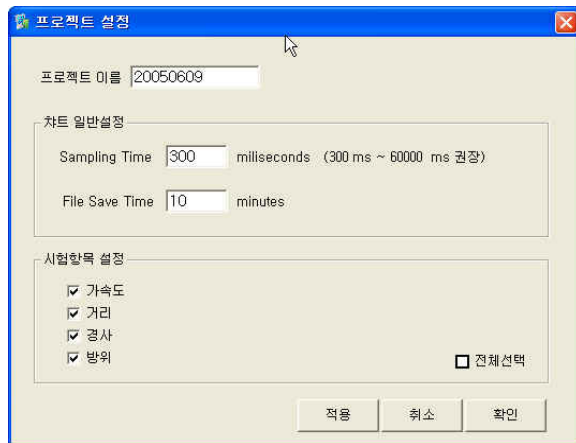


Fig.8 File saving and sampling time setting

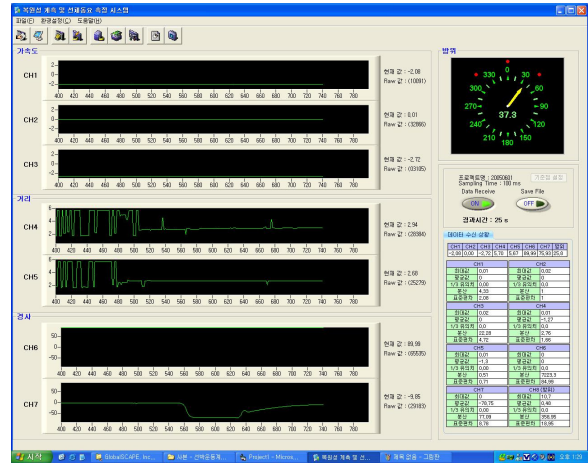


Fig.9 Monitoring and analysis program

Fig.9에 나타낸 시스템의 프로그램은 실시간으로 가속도, 변위계, 경사계, 방위계에 대한 계측치의 표시는 물론 특정 시간 간격 동안의 평균치, 분산치 및 1/3 유의치를 자동적으로 분석하여 각 계측 시간에 대한 계측치를 파일에 저장할 수 있다. 또한 저장된 실시간 데이터를 필요에 따라 차후에 보다 구체적인 분석 및 현상 해석이 가능하도록 Fig.10과 같이 불러내어 각 시간대별 실시간 데이터 과형만을 원하는 센서만을 선택하여 확인 할 수 있도록 프로그램을 제작했다. 또한 비교적 안정적으로 계측된 특정 영역만을 선택하여 지정된 범위내의 평균치, 분산치 및 유의치를 제공하도록 하는 기능을 추가했다.

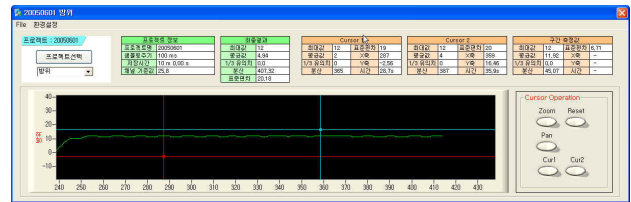


Fig.10 Replay function of saved file

3.3 계측시스템의 특징

본 연구에서 개발한 항해 또는 정박 중인 선박의 선체 동요 계측을 위한 다목적 계측시스템은 물리적 센서 부분과 분석 전용 S/W로 구성되며, 물리적 센서 부분을 선내에 휴대하여 간편하게 설치할 수 있는 실용화를 구현하였다. 다목적 계측시스템의 주요 특징

만을 정리하면 다음과 같다.

- 총 8개의 A/D Channel 및 그래프 지원
- 총 4종류의 센서 (가속도계, 변위계, 경사계, 방위계) 지원
- 실시간 통계치 분석 : 최대값, 평균값, 1/3 유의치, 분산, 표준편차
- USB 인터페이스를 제공하여 PC와의 인터페이스가 용이
- 외장형 A/D 컨버터 지원
- Replay 기능을 통해 과거 History 조회 가능
- 계측 데이터의 특정 범위를 설정하는 영역 설정 지원을 통해 구간별 통계치 및 분석이 가능
- 모니터링 그래프의 Zoom, Pan기능 및 2개의 커서 지원을 통한 다양한 Data검출이 가능

4. 기대효과

개발된 다목적 계측시스템은 항해 또는 정박 중인 선박이 외력에 의해 수반되는 선체의 동적 동요에 대한 정량화된 데이터 수집이 가능하다. 또한 최대치, 평균치, 분산치, 1/3 유의치 등과 같은 통계 분석 방법을 통해 해상과 같은 특수한 환경 하에서의 발생하는 선체의 동적 동요에 대한 주요 운동 특성을 심층적으로 분석 및 평가할 수 있을 것으로 사료된다. 더불어 실선 계측 자료는 항해 안전성 평가 또는 계류 안전성 평가에 대한 이론적 연구 결과와 상호 비교 검토가 가능할 것으로 사료된다.

그리고 단순한 데이터 수집이 아니라 사용자가 설정한 형태의 데이터 수집이 가능하므로, 관련 데이터에 대한 가공 및 활용이 자유로워 다방면으로 응용이 가능할 것으로 판단된다.

5. 결론

본 연구에서는 항해 또는 정박 중인 선박의 안전성 평가에 있어 가장 중요한 평가 요소인 외력에 따른 선체의 동적 동요를 정량적으로 평가할 수 있는 실선 탑재용 계측시스템을 개발하였다. 선체 운동 계측시스템은 계측 센서를 포함한 물리적인 하드웨어 부분과

수집된 정보를 저장 및 표시하는 전용 소프트웨어로 분리하여 구성하였다. 또한 센서로부터 얻은 각종 정보 데이터를 통계 처리 및 분석하는 기능을 구현하여 보다 정량적이고 명확한 선체 동요를 해석할 수 있는 계측 기술을 확보하였다.

앞으로는 개발된 계측시스템을 실제 선박에 탑재하여 다양한 환경 하에서 계측을 수행하고, 계측 과정에서 수반되는 각종 문제점 및 성능 개선을 실시할 것이다. 또한 다양한 계측 결과를 수집하여 정량적 통계 처리를 수행하여 관련 이론 연구 결과와 상호 비교 분석을 실시할 것이다.

그리고 향후 다목적 계측시스템을 보다 확장하여 외력 요소들을 자동적으로 계측 가능한 외력 분석 시스템은 물론 선박 DB 시스템과 연동하여 종합 안전성 평가시스템을 구축 할 예정이다.

참고문헌

- [1] 선박 탑재형 내항성능 평가시스템 개발(I), 「한국항해항만학회지」, 제28권(집), 제1호, PP.1~8, 한국항해항만학회, 2004.
- [2] 선박의 종합내항성능 평가정보제공시스템 개발에 관한 연구, 「한국항해학회지」, 제25권(집), 제3호, PP.247~256, 한국항해학회, 2001.
- [3] 선박의 적화상태별 종합내항성능지표에 의한 항해안전성 평가, 「해양안전학회지」, 제4권(집), 제2호, 한국해양안전학회, PP.43~52, 1998.
- [4] Kubo, M. and Sakakibara, S., Evaluation Method for Operation Efficiency of Cargo Handling and Advanced Safety Ship Mooring System, Bulletin of the 28th Permanent International Association of Navigation Congress, pp.99~105. 1994.
- [5] Ueda, S. and Shiraishi, S., The Allowable Ship Motions for Cargo Handling at Warves, Report of the Port and Research Institute, Japan, Vol.27, No.4, pp3~61, 1990.