

大韓造船學會論文集
 第36卷第3號 1999年 8月
 Journal of the Society of
 Naval Architects of Korea
 Vol. 36, No. 3, August 1999

선박 안전성 평가 및 구난지원 시스템

이경호*, 이동곤*

Ship Safety Assessment and Salvage Assistance System

by

Kyung-Ho Lee*, Dongkon Lee*

요 약

선박의 사고는 인명과 재산의 손실 뿐 만 아니라 사고 선박으로부터 유출되는 기름과 유해한 산적 화물에 의한 환경 오염을 초래하기 때문에 사고를 미연에 방지하는 것 뿐 만 아니라, 사고가 발생하였을 때 이에 신속히 대처함으로써 오염을 최소화하고 2차 사고의 위험을 줄이는 것이 매우 중요한 문제이다. 그러나 지금까지의 기술적 지원이 결여된 경험위주의 대처 방법으로는 사고선박에 대한 구난을 안전하고 신속하게 처리하기가 쉽지 않다. 본 연구에서는 체계적이고 과학적인 구난지원 도구를 개발하여 이를 사고 현장의 구난지원 작업에 투입하고자 한다. 이를 위하여 구난지원 체계를 구축하고, 프로토타입 시스템을 개발하여 사고선박에 대한 안전하고 신속한 구난지원 가능성을 검토하였다.

Abstract

Marine casualties of dangerous cargo carriers lead to not only the loss of human life and properties, but also marine pollution caused by spilled oil and hazardous cargo. So the prevention of marine casualties and emergence response to minimize pollution are very important problems to be settled. But until now, most of salvage assistance jobs have been done based on rule of thumb without any technical support. It is not easy to cope with the incidents safely and rapidly under the current situation. The purpose of this paper is to develop a systematic and engineering salvage assistance tool available in the casualty sites. This paper contains the construction of salvage system, classification of technical items, and prototype system for the safety assessment. The developed system enable a salvage engineer in his/her salvaging jobs to perform safely and promptly.

접수일자: 1999년 4월 22일, 재접수일자: 1999년 6월 7일

* 정회원, 한국해양연구소 선박해양공학분소

1. 서론

최근 들어 선박의 잦은 해상 사고와 이로 인한 해양오염 문제, 재산과 인명의 피해가 매우 심각한 문제로 대두되고 있다. 이에 발 맞추어 각국 선급에서도 각기 입급된 선박을 대상으로 사고에 신속히 대처하고 구난을 지원하기 위한 긴급응답 시스템(Emergency Response System)을 구축하여 운용하고 있다[1,2,3,4]. 그러나 연근해에서 발생하는 중소형 선박의 사고에 대해서는 아직 과학적인 해석과 예측을 통한 기술적 지원보다는 사고가 발생하면 관련 관청의 경험위주의 사후 방제작업에만 의존하고 있는 실정이다. 따라서 사고선박에 대한 신속 정확한 안전성 평가 및 구난 지원 수단이 절실히 요구되고 있다.

본 논문에서는 체계적이고 실용적인 구난지원 시스템을 개발하기 위한 두 가지의 체계를 구축하였다. 첫째는 신뢰성 있고 안전한 구난지원 체계이다. 이를 위하여 선박의 사고시 2차 사고를 예방하기 위해 손상선박에 대한 조선공학적 체계산에 바탕을 둔 평가 시스템을 개발하였다. 여기에는 유사선박의 선형 및 구획 정보를 바탕으로 한 사고 선박에 대한 신속한 모델링과 손상선박의 상태계산 모듈 개발, 복원성 평가 모듈 개발, 구조 안전성 평가 등이 포함된다. 둘째로는 신속 대응 체계의 구축이다. 일반적으로 해상에서 선박의 사고가 발생하면 사고 선박에 대한 정확한 정보를 얻는 것이 쉽지 않다. 따라서 과거의 사고 및 이의 구난 사례를 추적하여 사고시 인터넷을 통한 사례의 검색을 통하여 신속히 구난 방안을 제시하기 위한 것이다[5].

이러한 조선공학에 기반을 둔 체계적인 구난 지원과 정보화에 기반을 둔 신속 대응 체계의 구축이라는 두 가지 관점에서 차세대 해상안전/방제지원 시스템의 구축이 가능하게 될 것이다.

2. 연구개발 동향

현재 국내의 구난지원 소프트웨어의 개발은 통합된 시스템의 개발보다는 손상 선박의 동적 안정

성, 잔류강도 해석 등의 부분적인 연구가 수행되고 있으며[6,7], 구난지원 체계 구축과 이를 지원하기 위한 소프트웨어의 개발도 일부 이루어지고 있다[8]. 서론에서 언급하였듯이 최근 들어, 각국의 선급에서도 자사에 입급된 선박을 대상으로 사고에 신속히 대처하여 구난을 지원하기 위한 긴급응답시스템을 운용하고 있다. 여기에서는 대부분 상용화 된 구난지원 소프트웨어를 사용하고 있다. 지금까지 가장 널리 사용되고 있는 시스템으로는 HECSALV[9], GHS-Salvage[10], ChiefMate[11] 등이 있다. 이들 시스템들은 대부분 전통적 조선공학적 체계산 모듈을 중심으로 구난지원을 위한 적하(loading), 손상구획 정의 등의 모듈이 보완된 형태를 취하고 있다. 대부분의 시스템이 그렇지만 ChiefMate는 미해군에서 군함을 대상으로 만들어졌으며, FCCS(Flooding Casualty Control Software)를 근간으로 개발되어 상선으로 확장되었다[12].

이것과는 별도로 선박에 탑재되어 선박의 적하에 따른 안정성을 모니터링하고 사고시 신속히 대처할 수 있도록 하는 Onboard 시스템도 많이 개발되고 있다. Onboard-NAPA[13], Autoload[14], FCCS[15] 등이 여기에 속한다.

본 연구에서는 대부분의 상용화된 시스템들이 갖고 있는 조선공학적 계산 기능 외에 유사한 선박에 대한 정보로부터 선형 및 구획의 변형을 통한 신속한 손상선박 모델링 기능, 구난시 화물이 적이나 밸러스팅 변경에 따른 의사결정 지원 기능 등을 통한 지적(知的) 구난지원 시스템 구현을 목표로 하고 있다[16]. Fig. 1은 개발하고자 하는 구난지원 시스템의 개발 체계를 조선공학적 체계산과 데이터베이스를 통한 신뢰성있고 안전한 구난지원 체계 구축과 유사 구난사례를 바탕으로 한 신속 대응체계 구축의 두 가지 관점을 보여주고 있다.

3. 구난지원 시스템 설계

3.1 구난 Activity 분석

여기에서는 개발하고자 하는 시스템 구성을 위

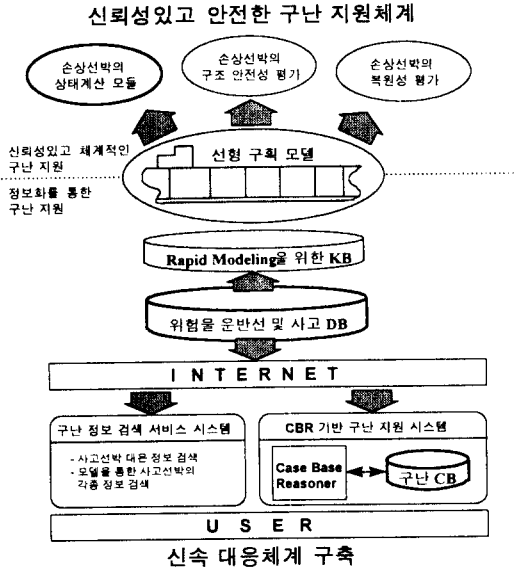


Fig.1 The Principle of Salvage Assistance System

하여 먼저 사고선박에 대한 구난 작업 자체를 분석하여 구난행위 자체의 Activity를 좀 더 세분화하고, 세분화된 구난 Activity 각각에 대해 기능 정의 및 I/O, 그리고 고려사항들을 정리하였다. 먼저, 구난지원 작업의 Activity를 세분화하면 다음과 같다.

- A0. 사고선박 구난지원
- A1. 사고선박 모델 생성
 - A11. 선형 및 구획정의 또는 변환
 - A12. 적하 관리
 - A13. 손상상태의 정의(좌초상태, 손상구획)
- A2. 기본 계산
 - A21. 유체 정역학적(Hydrostatics) 계산
 - A22. 복원성(Stability) 계산
 - A221. 비손상 복원성 계산 (Intact Stability)
 - A222. 손상시 복원성 계산 (Damaged Stability)
 - A223. 좌초시 복원성 계산 (Grounded Stability)

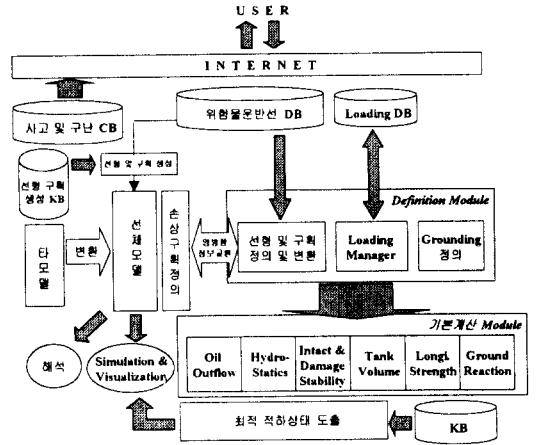


Fig.2 System Configuration

- A23. 탱크 용량(Tank Volume) 계산
- A24. 종강도(Longitudinal Strength) 계산
- A25. 좌초시 지반반력(Ground Reaction) 계산
- A26. 유출량(Oil Outflow) 추정
- A3. 대응 전략 수립
 - A31. 최적 적하 상태 도출
- A4. 신속 구난지원
 - A41. 사례기반 추론에 의한 사고 및 구난지원
 - A42. 인터넷 기반의 정보 검색
- A5. 기타 지원
 - A51. 사고선박의 구난 시뮬레이션
 - A52. 사고선박에 대한 구조 해석(국부강도)

3.2 시스템 구성 및 기능

이러한 구난 지원 작업 Activity를 바탕으로 Fig. 2와 같은 시스템을 구성하였다. 그림에서 볼 수 있듯이 이 시스템은 기본계산 모듈을 중심으로 하여 신속 모델 생성을 위한 모듈과 지식기반 접근에 의한 최적 적하상태 도출 모듈, 그리고 인터넷을 이용한 구난 사례 및 구난정보 검색 모듈로 구성되어 있다. 시스템을 구성하고 있는 요소별 기능을 간단히 정리하면 다음과 같다.

- (1) 선형 및 구획 정의

사고 발생시 사고선박에 대한 선형 및 구획을 데이터베이스로부터 정보를 받아 신속하게 모델을 생성한다. 만일 사고선박에 대한 데이터가 존재하지 않을 때는 유사선박을 이용한 변환 기능을 가져야 한다. 이를 위하여 선형 및 구획 표준화 데이터베이스를 구축한다.

(2) 적하 관리

화물창이나 갑판 위의 화물이나 장비, 연료유 등의 정보를 관리(Onboard 시스템인 경우)하거나 또는 사고시 적하 정보를 쉽게 입력하기 위한 기능이다.

(3) 복원성 계산 및 유체 정역학적 계산

정의된 선형, 구획 및 적하 정보로부터 유체 정역학적 특성 및 복원성능을 분석한다. 이 때 손상상태별로 신속히 제계산 들을 수행하여 사용자가 이해하기 쉽도록 가시화 된 결과를 출력하여 준다.

(4) 손상상태 정의

손상선박에 대한 가시화된 모델을 이용하여 손상된 구획을 picking을 통해 지정하거나 미리 정의된 구획명을 선택하여 해당 사고 사례에 대한 손상 구획을 정의한다.

(5) 손상상태의 유체 정역학 및 복원성 계산

손상된 선박의 유체 정역학적 계산 및 복원성 평가를 수행한다.

(6) 종강도 계산

외부 환경과 적하상태의 변화에 따른 손상선박의 잔류 종강도를 평가하여 손상선박의 전단 응력 및 굽힘 모멘트, 변형 등에 관한 결과를 도식화하여 제공한다.

(7) 지반 상태 정의

최초시 지반반력 계산을 위한 손상선박의 바다 상태, 접촉 형태, 현재 선박의 상태(홀수, 트림, 횡경사 등)를 정의한다.

(8) 지반 반력 계산

최초된 선박의 지반 상태에 따른 제거력(Removal Force)을 계산하여 준다[17].

(9) 유출량 계산

손상된 선박의 기름 유출량을 계산한다.

(10) 최적 적하상태 도출

사고선박의 현재 손상상태에서 밸런싱 방안을 제시하거나 안전 구난을 위한 화물, 탱크내의 유류 등의 이동 방안에 대한 최적의 가이드를 지식 기반 접근 방법을 이용하여 제공한다.

(11) 사고 및 구난 사례기반 시스템

사고 현장에서 신속히 구난을 위한 정보를 얻고자 할 때 이를 과거의 유사한 사고 사례로부터 구난 방법이나 관련정보를 제공하기 위한 모듈이다. 여기에서는 인터넷을 이용한 사고선박 정보의 검색 및 유사 구난사례에 대한 검색이 가능하다.

(12) 위험물 운반선 데이터베이스

유조선이나 기타 해양 오염이 우려되는 선박의 주요 제원 및 선형, 구획 정보, 그리고 기본계산을 위한 입력정보를 미리 데이터베이스화 하여 선박의 사고시 신속히 이 정보를 바탕으로 제계산을 통한 구난 지원을 하게 하기 위한 것이다.

4. 프로토타입 시스템

4.1 구난 시나리오 구성

Fig. 3은 구난지원 시스템의 프로토타입 구성을 위한 구난작업 시나리오로서 이용될 기술과 작업 Activity들이 서로 연계되어 구난작업을 체계적이며 신속하게 지원하는 개념적인 과정을 보여주고 있다. 본 논문에서는 이러한 구난 시나리오 가운데 손상 상태계산 부분만을 구현하였으며, 추후 연구를 통하여 그림과 같은 체계로 시스템이 구현될 것이다. 여기서 주목할 만한 것은 선형 구획

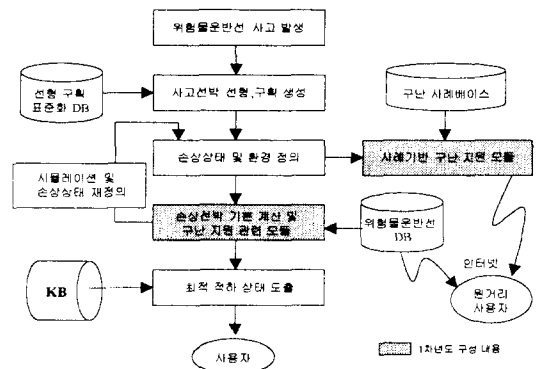


Fig.3 Salvage Assistant Scenario

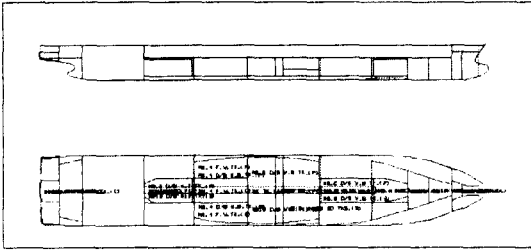


Fig.4 Compartment Definition of Damaged Ship

표준화 데이터베이스이다. 이는 구난지원 작업 중에 흔히 발생하게 될 사고선박의 도면 확보의 어려움을 극복하기 위하여 위험물 운반선들의 선종별, 크기별로 표준화된 선형과 구획 정보를 생성하여 이를 이용하고자 하는 것이다. 따라서 위험물 운반선 데이터베이스에 복잡하고 많은 양의 기본계산 입력 데이터들을 미리 저장하여 두고, 유사 선박에 대한 기본계산을 신속히 수행하고자 하는 것이다.

4.2 프로토타입 시스템 구현

본 연구는 구난지원 시스템을 구현하기 위한 기술현황 분석, 요구분석 및 기능정의, 시스템 사양 설계 등을 중심으로 진행하였다. 또한 기본적인 선박 기본계산 모듈을 바탕으로 프로토타입 시스템을 구성하였다. 프로토타입 시스템에는 선형정의 및 변환, 구획 정의, 적하상태별 계산, 손상시 복원력 계산, 중강도 계산 등이 포함되어 있다. Fig. 4는 손상된 선박의 구획을 정의한 결과를 표현한 것이다. 현재는 사용자가 손상된 구획의 이름을 입력하는 것으로 되어있으며, 앞으로 Fig. 5와 같이 정의된 구획을 평면과 측면에서 보면서 화면에서 직접 손상구획을 클릭할 수 있도록 할 것이다. 구난지원 시스템은 신속한 계산과 계산결과를 쉽게 사용자에게 제공하여 사고 현장에서 구난작업을 지원할 수 있어야 한다. Fig. 6은 사고 선박의 중강도를 계산한 결과를 가시화하기 위한 것이다. 여기서 출력되는 정보는 전단 응력 곡선, 굽힘 모멘트 곡선, 처짐 곡선, 중량곡선, 부력 곡선 등이다. 또한 손상시 복원력을 계

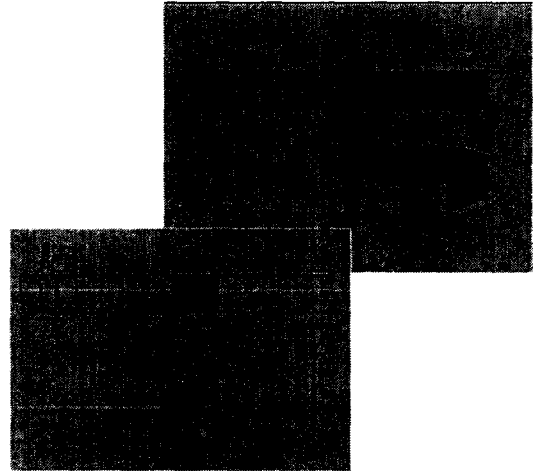


Fig.5 Definition of Damaged Compartment

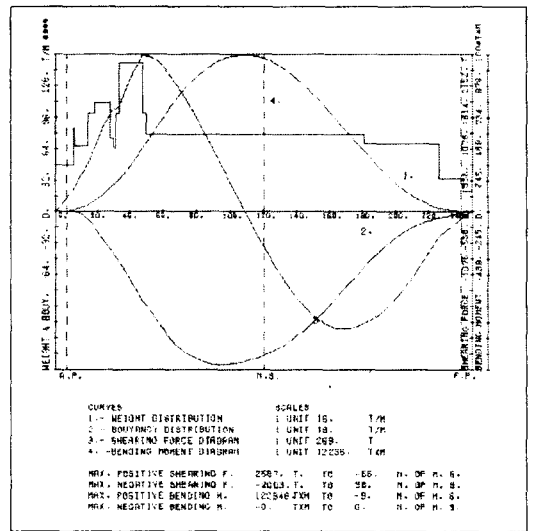


Fig.6 Analysis of Longitudinal Strength for Damaged Ship

산하기 위한 criteria 정의 및 opening에 따른 침수상태를 계산하기 위하여 Fig. 7과 같이 화면을 구성하여 입력을 쉽게 할 수 있도록 하였다. 본 연구는 구난지원 시스템이 갖추어야 할 특성, 즉 신속성, 입력의 간편성 및 용이성, 다양한 결과의 출력 등을 목표로 계속 보완하여 수행되어 갈 것이다.

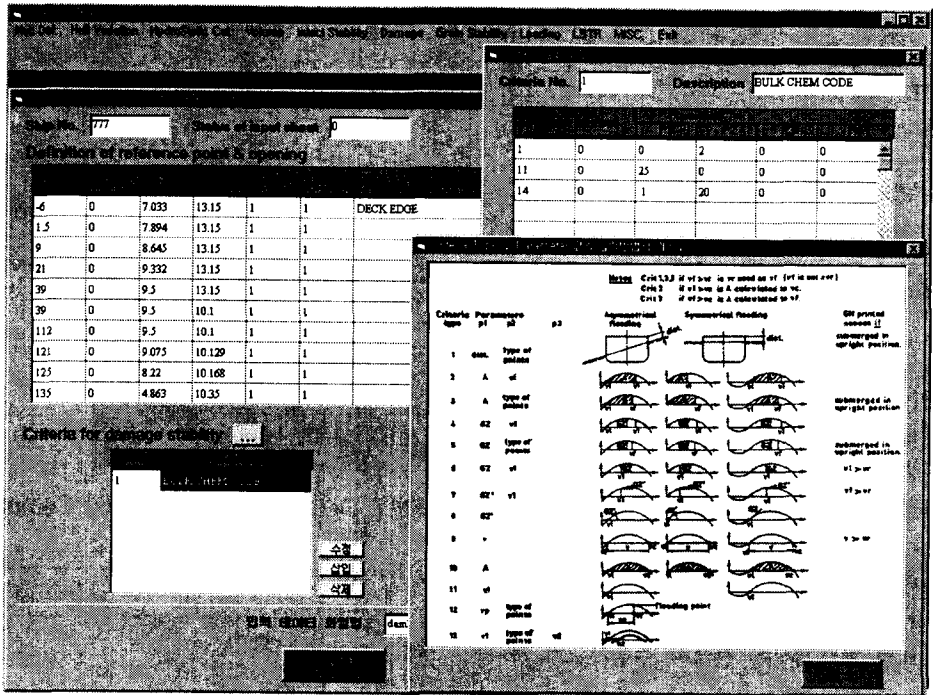


Fig.7 Calculation of Damage Stability

5. 결론 및 향후 계획

본 논문은 연구소 기관고유사업으로 추진중인 선박 안전성 평가 및 구난지원 시스템 기술 개발 과제의 3차년도 연구 중에서 1차년도 연구 결과의 일부로서 과학적이고도 체계적인 구난지원 시스템을 개발하기 위하여 관련기술의 국내외 현황 분석 및 이를 통한 개발 시스템의 개략적인 기능을 도출하였다[18]. 또한 도출된 기능을 바탕으로 시스템 요구 분석 및 상세 기능정의 등 시스템 설계를 위한 사양을 작성하였다. 본 과제를 통해 개발하고자 하는 구난지원 시스템은 조선공학적 체계산을 통한 안전하고도 체계적인 구난지원 이라는 목표와 정보화, 지능화를 통한 신속한 구난 지원 이라는 두 가지 목표를 설정하여 추진되고 있다. 본 연구에서는 주로 손상선박의 복원성, 종강도 등의 안전성 평가 모듈을 개발하여 이를 통한 개략적인 프로토타입 시스템을 개발하였다.

앞으로 본 과제를 통하여 시스템의 실용화를 위

한 체계적인 계산 모듈의 구성뿐만 아니라 지식기반 기술, 사례기반 추론 기술, 인터넷 기반의 정보검색 기술, 가시화 기술, 시뮬레이션 기술 등의 접목을 통해 체계적이고도 과학적인 구난지원 시스템을 구현해 나갈 것이다.

후 기

본 논문은 과학기술부의 기관고유사업으로 수행한 “선박안전성 평가 및 구난지원 시스템 기술 개발” 과제의 1차년도 연구결과의 일부임을 밝혀둔다.

참 고 문 헌

[1] Lloyd : Ship Emergency Response Service
<http://www.lr.org/services/ss-safemergency.html>

- [2] NK : Emergency Technical Assistance Service
<http://www.classnk.or.jp/products/etas.htm>
- [3] KR : Emergency Response Service
<http://www.krs.co.kr/rnd/ers.html>
- [4] NAVSEA SUPSALV
<http://www.navsea.navy.mil/sea00c/homepg.html>
- [5] 이경호, 이동근, "사례기반 추론 기법을 이용한 설계후보 생성 및 선박 개념설계 지원 시스템", 대한조선학회논문집, 제35권 제4호, 1998.
- [6] 손경호, "손상된 선박의 횡풍 횡파 중에서의 동적안정성", 대형선박의 유류 유출 사고시 구난 및 오염 방제 기술 개발과제 2차년도 결과발표회, 한국해양대학교 부설 해양연구소, 1998. 11.
- [7] 이상갑, "손상된 선박의 부양시 잔류강도 추정", 대형선박의 유류 유출 사고시 구난 및 오염 방제 기술 개발과제 2차년도 결과발표회, 한국해양대학교 부설 해양연구소, 1998. 11.
- [8] 최혁진 외, "해난사고 긴급 구난시스템 개발", 한국해양환경공학회 1998년도 춘계학술발표회 논문집, 1998.
- [9] HECSALV : <http://www.herbert.com/>
- [10] GHS-Salvage :
<http://www.ghsport.com/>
- [11] ChiefMate : <http://www.advmar.com/>
- [12] P.B. Zahn, et. al, "Shipboard Damaged Stability Assessment: The Flooding Casualty Control Software", Naval Engineers Journal, 1993. 5.
- [13] Onboard-NAPA
http://www.napa.fi/OB_napa/OB_main.htm
- [14] Autoload
<http://www.autoship.com/cargmain.htm>
- [15] FCCS
<http://www.advmar.com/official/ms/fccs.htm>
- [16] Hindle, C. et al., "Expert System Advisers for Incident Management at Sea", Safety at Sea International Survey, No.226, pp.31-33, 1988.
- [17] Simonsen, B.C. & Pedersen, P.T., "Analysis of Ship Groundings on Soft Sea Beds", Journal of Ship and Ocean Technology, Vol.1, No.1, 1997.
- [18] 이종갑 외, 모델기반의 선박 CAE 통합 및 시뮬레이션 기술 개발(I), 한국기계연구원 보고서, UCNV047-2131.D, 1998.