

선박의 안전설계에 관한 최신 기술동향보고

이 동 곤 <해양안전방제연구센터>

1. WEGEMT

서유럽의 17개국 37개 대학이 참여하고 있는 WEGEMT는 비영리 학술단체로 선박과 해양기술에 관한 학술회의를 개최하여 오고 있다. 선박과 해양에서의 안전에 관한 기술 개발이 중요한 이슈로 부각됨에 따라 올해 처음으로 WEGEMT가 주관한 Design for Safety에 관한 학술회의가 영국, University of Strathclyde의 Ship Stability Research Center(SSRC)의 주최로 1999년 10월 25일에서 29일까지 Glasgow에서 개최되었다.

약 70명 정도가 학술회의에 참석하였고, Estonia호의 침몰 원인에 대한 기술적 논쟁을 다룬 Session에는 약 130여명이 참석하였다. 학술회의는 날짜별로 안전설계, 안전성 평가 방법론, 고속선의 안전설계, 안전성에 민감한 선박, Safer EURORO 프로젝트의 관련 당사자 회의 등의 주제를 가지고 진행되었다.

2. 주제별 주요 발표 내용

2.1 안전설계

선박 설계단계에서 안전성을 향상시키기 위한 설계시스템의 구성요소, 각 구성요소들의 기능, 복원성에 관한 직접 계산법 및 안전설계를 위한 시스템의 패러다임에 관한 논문이 발표되었다.

안전 설계를 위하여 설계 시스템이 구비하여야 할 조건으로 기존의 설계 환경에 안전에 관한 사

항들을 고려한 요소들이 포함되어야 한다. 예를 들면, 복원성이나 구조강도에 관한 설계 모듈들이 보다 유연하게 구성되어 통상적인 설계절차에 따른 설계뿐만 아니라, 예상되는 위험 즉, 각종 사고에 따른 손상을 고려할 수 있도록 되어야 한다. 또한 기존의 설계에서는 중요하게 취급되지 않았던 항목 즉, 화재에 대한 대비와 비상시 승객의 탈출에 관한 시간 및 경로 등을 분석할 수 있는 기능의 필요성이 제기되었다.

기술의 발달로 인한 새로운 선형의 개발, 예를 들어 초고속선이나 복합지지형의 선형 등과 같이 기존의 선급규칙이나 법규의 적용으로는 그 결과가 안전을 보장하거나 만족시키지 못하는 경우에는 실험이나 수치 시뮬레이션을 통한 First Principle Approach를 도입하여 안전성의 확보가 필요하며, 실제 콘테이너를 적재하는 자항 바지선에 대한 적용 사례가 발표되었다.

핀란드의 NAPA OY사에서 선박 설계를 위한 상용화된 도구의 하나인 NAPA 시스템을 기반으로 설계단계에서 생성되고 사용된 자료를 그대로 이용하여, 선박의 안전항해를 지원하는 Onboard NAPA 시스템을 선보였다. Onboard NAPA 시스템은 Loading, 손상시 복원성, 손상시 화물의 유출량 계산 등과 같은 기능을 가지고 있으며, 여객선과 유조선에 탑재 가능하다. 앞으로는 NAPA 뿐만 아니라 유사한 시스템들도 설계와 운항 안전성을 동시에 지원할 수 있도록 하는 기능을 도입할 것으로 예상된다.

2.2 안전성 평가 방법론

공식 안전 평가(FSA, Formal Safety Assessment), Safety Case, Rule-Based Approach, First Principle Approach, Performance-Based Approach 및 설계과정에서 안전성 평가를 주제로 하는 논문들이 발표되었다.

FSA는 IMO에서 새로운 규정을 제정할 때 사용하기 위한 하나의 수단으로써 중요한 위치를 차지하는 방법론이다. 따라서 FSA는 상선과 같이 관련 법규가 잘 정리되어 있는 경우보다는 새로운 선형을 설계하거나 함정과 같이 경제성의 중요성이 보다 적은 선박의 경우에 설계단계에서 그 절차를 원용하는 것이 가능하다. FSA가 선박의 설계나 운용에 있어서 당면할 수 있는 가능한 모든 위해 요소로부터 선박의 안전을 고려하는 것에 반하여, Safety Case는 어떤 특정한 선박에서의 안전성을 확인하는 방법이다. FSA와 Safety Case에 대한 개념과 적용사례들이 소개되었다.

Rule-Based Approach는 현재 선박을 설계할 때 가장 자연스럽게 사용되는 방법으로서, 선급이나 IMO와 같은 국제기구에서 제정한 것을 기초로 하고 있다. 그러나 Rule이 과거의 사고사례를 기반으로 하여 만들어진 것이므로 새로운 유형의 사고가 반영되지 않았고, 새로운 선형에 대하여는 적용의 한계가 있다고 지적되었다. 이러한 환경을 극복하기 위하여는 부분적으로 Rule에서 탈피하여 필요한 항목을 직접 계산하거나 시뮬레이션(Performance-Based Approach)을 통하여 성능을 확인하는 것이 필요하다는 주장이 제기되었으나, 비용과 관련 기술의 수준으로 보아 빠른 시일 내에 가능하여 보이지는 않는다.

한편, 기존의 Rule을 강화하고 보완하기 위한 연구도 계속되고 있는데 손상시 복원성에 대한 규정을 강화하기 위한 대표적인 연구과제가 EU를 중심으로 수행되고 있는 HARDER Project 이다. HARDER Project는 선박의 손상시 복원성에 관한 규정을 확률론 개념을 도입하여 보완하기 위하여 수행되는 것으로 한국, 일본, 중국의 참여

를 유도하고 있는 중이다.

2.3 고속선의 안전설계

고속선에 대한 안전 설계는 FSA 기법의 도입에 관한 논문이 2편 발표되었고 새로운 방법론이나 기법에 관한 내용은 발표되지 않았다.

2.4 안전성에 민감한 선박

사고가 발생하였을 경우에 그 여파가 상대적으로 큰 선박에 대한 설계개념에 대하여 몇 편의 논문이 발표되었다. 안전을 위한 새로운 기술의 적용이나 방법론보다는 기존의 설계 개념을 소개하는 정도로서 Ro-Ro Ferry, Gas Carrier, 군함, Offshore Structure, 어선 등에 관한 주제의 논문 발표가 있었다.

Offshore Structure의 경우에는 설계단계부터 안전에 관한 사항이 설계의 제한조건이 아닌 설계 목표의 하나로 취급하여, 안전성의 확보에 필요한 경비를 비용의 발생 개념이 아닌 투자의 개념으로 받아들여 당연한 사항으로 취급하고 있으며, Gas Carrier의 경우에는 선박이 최초로 진수하여 운항된 이래로 안전성에 문제가 되는 경우는 없었다고 보고되었다.

위의 예에서 해상에서의 안전에 대한 개념을 어떻게 가지고 접근하는가가 가장 중요한 문제이며, 그에 대한 경비나 기술적인 문제는 필요에 따라 극복 가능하다는 것을 알 수 있다.

2.5 Debate on Estonia

1994년 북해에서 852명의 인명을 앗아간 Estonia(Ro-Ro Ferry)호의 사고 원인에 대하여 의견을 달리하는 양측의 격렬한 논쟁이 학술 회의 기간 중에 있었다. Estonia 호의 근본적인 사고 원인은 Bow Visor의 파손으로 인한 Car Deck로의 해수 유입이라고 주장하는 측과, Car Deck의 측벽 손상에 의한 해수 유입 결과 침몰했다는 주장이 서로 강한 논쟁을 하였는데, 양측 모두 사고 선박의 수중 촬영 비디오, 관련 분야의 설계 전

문가, 컴퓨터 시뮬레이션 기법 등을 동원하여 체계적이고 기술적인 논쟁을 벌이는 것이 인상적이었다. 당일 사고 선박에 탑승하였던 생존자도 회의에 참석하여 의견을 피력하였고, 사고 선박의 소유국에서 관련 분야의 연구를 위한 연구 자금을 마련하여 향후 동일한 사고가 발생하지 않도록 관련 연구를 지원한다는 내용이 당일 발표되었다.

3. 주요 기술 동향

지금까지 선박의 안전에 관한 사항은 주로 정복 원성, 손상시 복원성 및 구조 안전성에 집중되어 있었다. 이번 학술 회의에서도 예외는 아니어서 주로 손상시 복원성에 관한 사항이 많이 다루어졌다. 특히 Ro-Ro Passenger 선에 대한 관심이 지대하였다.

- 안전 설계 : 선박의 안전 설계를 지원 할 수 있는 시스템에 대한 요구사항, 시스템의 기능, 환경, 구성요소 등에 관한 기본적인 수준의 연구가 진행되고 있다. 아직 실제 설계 환경에서 사용할 수 있을 정도로 개발된 것은 발표되지 않고 있으며, Ro-Ro Passenger 선을 대상으로 간단한 수준의 시스템을 대학에서 개발하고 있다.

- 공식 안전 평가 : FSA는 IMO나 각국의 선급에서 향후 새로운 Rule을 개발하여 채택하고자 할 경우에 필수적으로 도입하여야 하는 절차적 방법론으로서, 설계, 건조, 운항의 모든 분야에 관련된 전문인력들의 참여를 필요로 한다.

실제 FSA를 도입하려고 할 경우에는, 아직 모호한 점들이 많이 있고 서로의 입장에 따라서 해석을 달리할 부분도 있으며, 현재 단계에서 FSA에 관한 논문들은 원칙적인 부분만을 언급하고 있는 수준이다. 그러나 초 고속선의 설계와 같이 일반적인 선박에 비하여 설계에 관한 지식이나 경험이 풍부하지 못할 경우에는, 개발될 선박의 안전성을 위하여 FSA의 절차를 통한 접근이 유용하다 생각된다.

- First Principle Approach, Performance-

Based Design : 안전성에 관한 사항들을 선급이나 IMO의 규칙을 최소한으로 만족하는데 그치지 않고 각종 실험이나 수치 해석을 통한 시뮬레이션 기법을 동원하는 방법으로, 앞으로는 이 분야에 관한 연구가 집중되어야 한다고 주장하고 있으나 경비의 증가와 기술적인 문제로 인하여 가까운 장래에 실현되기는 어려울 것으로 판단된다. 현재 유럽에서는 Ro-Ro Passenger 선에 대하여 실험과 관련 코드 개발을 진행하고 있다. 파도 중에서 손상 선박의 거동해석을 통한 전복과정과 화재시 승객의 탈출로를 컴퓨터로 시뮬레이션하는 연구가 진행 중에 있다.

- 안전성 판단 기준 : 어느 정도의 수준이 안전 한가에 대한 판단 기준이 모호하다. 현재 사용되고 있는 판단 기준, 예를 들어 복원성 판단 기준에는 해상 상태에 대한 영향이 고려되어 있지 않다. 물론 과거의 사고 사례를 분석할 때 해상 상태가 복합적으로 고려되어 있을 수도 있지만, 정량화되어 있지 않으며 선종의 특성에 따라 그 영향이 달라질 것이다. 많은 연구자들이 ARARP(As Low As Reasonably Practicable)의 개념을 사용하고 있으나, 그 역시 기준이 모호하다. 해양에서의 안전과 안전설계에 있어서 매우 중요한 요소인 안전성 판단 기준에 관한 연구는 아직 매우 초보적인 수준이라 생각된다.

4. 소감

선박과 해양에서의 안전설계에 관한 국제 기술 회의로는 처음으로 개최되는 것으로, 참석자의 대부분이 유럽의 대학, 선급협회, 조선소, 연구소, 설계 용역회사 등에서 온 사람들이며, 미국에서 온 참가자들은 상대적으로 그 수가 적었다. 한편 세계 선박 건조량의 거의 대부분을 차지하고 있는 일본, 한국, 중국에서는 현재 SSRC에서 방문 연구를 하고 있는 일본 선박연구소 SRI(Ship Research Institute)의 Harukuni Taguchi, 중국 선박연구소 China Ship Scientific Research



Center의 Sheng Wan-An 및 본인만이 참석하였다. 일본, 한국, 중국에서 방문 연구를 수행하러 온 3사람 모두가 각국의 정부출연연구소 소속인 것은 우연의 일치라고 생각된다.

학술회의 기간 동안에 느낀 점은 세계 조선 선복량의 대부분을 건조하고 있는 극동 아시아의 조선 대국인 일본과 한국, 그리고 앞으로 잠재력이 큰 중국에서는 선박과 해양에서의 안전에 관한 관심이 상대적으로 떨어져 있다는 것이다. 이는 유럽 국가를 중심으로 한 다른 나라의 기술자들로부터 이익만을 추구하고 기여는 하지 않는 국가(혹은 민족)로 인식하게 하는 요인이 되고 있다는 것을 느낄 수 있었다. 이는 곧 이번 학술회의뿐만 아니라 IMO와 같은 국제 기구에서의 기여도에 대한 것도 포함되어 있을 것이다.

국내 조선 업계에서도 최근 Ro-Ro Passenger 선을 수주하고 있으며, 향후 여객선과 같은 고부가가치 선박의 수주가 필요하다. 이를 위해서는 Stockholm Agreement, 화재나 위험시의 승객 대피 시뮬레이션, 생존시간 등과 같은 안전에 관한 연구와 개발에 투자가 필요한 시점이다. 최근 호프집의 화재 사고로 영국의 주요 언론에서 “한국은 안전의 개념이 없는 나라”라고 혹평하는 것을 볼 때 참으로 참참한 기분이 드는 것은 어쩔 수 없다고 할지라도, 그러한 일이 계속 반복되는 것은 막아야 한다는 막연한 생각이 들었다. 수 년전 서해 페리호가 침몰하여 많은 인명 손실이 발생하였을 때도 아마 동일한 뉴스가 나왔을 것이라는 생각이 든다.

5. 주요 일정 및 발표자

● 25 Oct. : Design for Safety

- Design for Safety(Keynote Address)

Dracos Vasslos(Head of Department of Ship and Marine Technology, Director of Ship Stability Research Center, Uni. of Strathclyde, UK)

- Safety in Ship Design : Review of Fundamentals Concepts and Methodology
Apostolos Papanikolaou(Head of Ship Design Lab. National Technical Uni. of Athens, Greece)
Dimitris Konovessis(Ship Stability Research Center, Uni. of Strathclyde, UK)
- Design for Safety : An Overview
A. Yucel Odabasi(Faculty of Naval Architecture and Ocean Engineering, Technical University of Istanbul, Turkey)
- Design for Safety with an Integrated Design and Operational Tool Design-NAPA and onboard-NAPA
Herald Jensen(Managing Director, NAPA OY, Finland)
- Design for Safety - Current Practice for Ro-Ro Passenger Ferries
Markku Kanerva(Director, Business Development, Deltamarin Ltd, Finland)
- First Principle Applications for Stability Problems
Stefan krueger(Manager of Basic Design, Flensburger Schiffbau Gesellschaft(FSG), Germany)
- Future Developments in Design for Safety Support
Alex HB Duffy(Director of CAD Center, Uni. of Strathclyde, UK)

● 26 Oct. : Safety Assessment Methodologies

- Safety in Shipping(Keynote Address)
Giuliano Pattofatto(Chairman of the Maritime Safety Committee(MSC), IMO, UK)
- Safety Regimes related to Subdivision and Damage Stability
Sigmund Rusaas(Principal Engineer, DNV, Norway)

- FSA and the Safety Case
John Riding(Director, MARICO Marine, UK)
- Quantified Risk Assessment(QRA) - Application in a Railway Environment
Ian Muir(WS Atkins System Engineering, UK)
- Rules-Based Approach
David Whittaker(Lloyd's Register of Shipping, UK)
- First Principle Approach to Design for Safety of Containership Structure
Carsten Ostergaard(Head of Department of Hydrodynamics and Reliability, GL, Germany)
- Performance-Based Approach
Jan Otto(MARIN, Netherlands)
- Integrating Safety Assessment in the Ship Design Process
Ivan Ostvik(LMG Marine, Norway)
- 27 Oct. : Design for Safety of HSC
 - Safety of Fast Ships(Keynote Address)
Andrew G. Blyth(Director, Blyth Bridge Marine Consultants Ltd, UK)
 - Designing Ships for Safety
Erbil Serter(President, Hydro Research Systems SA, Turkey)
 - Safety in Design and Operation of HSC
Per Werenskiold(Principal Research Engineer, MARINTEK, Norway)
 - Design for Safety of HSC - Future Developments
Luigi Grossi, Vincenzo Farinetti(Fincantieri, Italy)
 - Debate on Estonia(Special Session)
- 28 Oct. : Impact on Design of Safety Critical Vessels
 - Impact of Safety on Design and Operation of Ships(Keynote Address)
Mike Ridley(Fleet Director, P&O Stena, UK)
 - Ro-Ro Ferries
Rolf Kjaer(Technical Director, Color Line, Norway)
 - Design Aspects for Bulk Carrier Safety
David Robinson(Vice President, Technology and Business Development, ABS Europe, UK)
 - Gas Carriers
Robert Tagg(Vice President, Herbert Engineering Corp, USA)
 - Naval Ships - Design for Safety
David Andrews(Frigates and Mine Countermeasures, Defence Procurement Agency, MOD, UK)
 - Offshore Accidents, Risk Analysis and Safety Cultures
Colin MacFarlane(Department of Ships and Marine Technology, Uni. of Strathclyde, UK)
 - Risk Assessment in the Fishing Industry
CE Tucker, A.J Dean(Sea Fish Industry Authority, UK)
 - Future Developments - Shipping Safety
Michael Huther, Claudia Vivalda(Marine Division, BV, France)
- 28 Oct. : Safer-EURORO Annual Conference
 - Design for Safety
 - Design for Survivability
 - Design for Passenger Survival
 - Design for Seaworthiness
 - Design for Fire Safety
 - Safety/Risk Assessment
 - Safe Ferry Design