

27. PIV와 CFD에 의한 LNG선박의 Hood Room

換氣特性에 관한 研究

기관공학과 김 동 찬
지도교수 이 영 호

LNG(liquefied natural gas : 액화천연가스)란 메탄을 주성분으로 하는 천연가스를 영하 162℃로 냉각하여 그 부피를 6백분의 1로 줄인 무색 투명한 초저온 액체이다. LNG는 화학적으로는 색깔과 냄새가 없고, 탄광에서의 폭발과 같이 산소와 혼합하면 폭발의 위험이 있다. 특히 고온의 수증기와 작용하면 수소가스를 발생 ($\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} = 3\text{H}_2 + \text{CO}$)시켜 취급에 매우 주의하



여야 한다. 또한 액화비중과 가스비중이 각각 0.425 (물 = 1)와 0.555 (공기 = 1)로서 공기 중에 부유하는 성질을 갖고 있다. 이러한 액화천연가스가 에너지자원으로 등장함에 따라 이 가스를 에너지로 이용하기 위해서는 생산기지에서부터 수요지의 인수지까지 대량으로 수송할 수 있는 효율적인 운반수단이 필요하게 되었다. 우리 나라에서도 액화된 천연가스를 수입하여 각 지역의 LNG기지에 저장한 후 다시 기화시켜 지하배관을 통해 도시가스 및 발전용 연료로 사용하고 있다. LNG선박의 설계 및 건조는 LNG의 물리적 특성에 의해 영하 162℃의 초저온에 견딜 수 있는 화물 적재장소를 갖추어야 할 뿐 만 아니라 취급이 매우 위험하므로 여객의 편의와 안전을 중시하는 여객선과 함께 조선공업 전반에 관한 최고 수준의 건조기술이 필요하며 LNG의 특징인 증발성, 가연성 및 낮은 비중을 고려한 설계가 매우 중요하다. 지금까지의 관련 기술의 개발은 우선적으로 구조적인 측면에 치중되어 초저온에 견디는 합금강의 제조기술과 열응력 및 열 수축에 대항할 수 있는 설계기술 그리고 열 침입을 막을 수 있는 단열시공 기법 등에 국한되어 왔다. 그러나 선박의 대형화와 함께 한번의 사고가 큰 재해를 발생시킬 수 있다는 점에서 LNG선의 안전과 관련된 각종 설계기법은 다양한 측면에서 연구되어야 한다. 이러한 안전대책 중 가장 중요한 것은 2차 방벽과 같이 LNG가 누설할 때 선체를 보호할 수 있는 설계기법이다. 특히 LNG는 증발성 및 가연성의 성질을 갖고 있고, 시스템상 증발 가스를 기관실로 보내 추진 연료로 사용하고 있으므로 누설의 위험이 있는 곳에는 누출 경보장치와 함께 충분한 환기가 이루어 질 수 있도록 설계되어야 한다.

후드실(vent hood room)은 LNG선의 화물의 이송경로를 결정하는 밸브가 가장 많이 설치된 장소이며 화물탱크에서 기화된 가스가 기관실로 이송되는 경유지로서 그에 관련한 밸브가 설치되어 있어 가스의 누출 위험이 큰 구역이다. 국제협약과 관련해서는 IGC code1)(International code for the construction and equipment of ships carrying liquid gases in bulk)에 다음의 규정이 있다.

- 12장 1절 : 통풍장치는 그 구역의 총 용적을 기준으로 하여 시간당 30회 이상의 환기능력을 가지는 것이어야 한다.
- 13장 6절 : 화물펌프실, 화물 압축기실, 화물을 취급하는 기기용 전동기실, 가스안전장소로 지정되지 아니한 화물제어실에는 의무적으로 가스탐지기를 설치해야 한다.

환기 구조와 관련된 연구는 주로 수치적 모델링을 통한 연구결과들이 시험적 연구보다는 많이 보고되고 있으며, 이러한 기술들은 모두 내부유동패턴을 개선하여 환기구조에서 정체구역을 없애는 것을 목표로 하고 있다.

이 연구에서는 실제선박의 후드실을 1/15로 축소된 모델을 대상으로 가시화 실험을 수행하고 내부의 유동 특성을 고찰하고자 하였다. 그리고 속도장의 계측은 CACTUS'2000을 이용한 2차원 PIV기법으로 하였다. 그리고 대상유동장에 대하여 수치해석을 통한 내부 환기특성을 규명하고자 하였다. 이 연구에서 유체의 모든 물성치는 일정하고 비압축성, Newton유체로서 강제대류 3차원 유동으로 가정하고 3가지 레이놀즈수, 6.5×10^3 , 9.7×10^3 그리고 1.29×10^4 에 대하여 계산하였으며 내부의 환기특성 및 가장 환기가 되지 않는 영역의 파악을 목적으로 하였다. 그 결과 좌측 하부의 외부 공기 흡기구로부터 우측상부의 공기 배기구로 나팔관 모양의 주 흐름이 존재하며 각 영역별로 큰 속도구배를 나타내었으며 정체구역은 선미측의 좌측 상부 영역임을 알 수 있었다.