

LNG Bunkering 작업 중 안전을 위한 통항선박의 이격거리에 관한 기초연구

류원* · 윤귀호** · † 이윤석

*한국해양수산연수원 오션폴리텍팀 교수, **,† 한국해양대학교 선박운항과 교수

요 약 : 해양 및 대기 오염 방지를 위한 친환경선박에 대한 관심이 고조되고 있고 특히 LNG를 연료로 하는 LNG 연료추진선이 확대되고 있다. 그리고 국내에서도 LNG Bunkering 선박 건조에 지속적으로 추진되고 있다. LNG Bunkering의 안전한 운용을 위해서는 여러 위험요소를 분석해야한다. 그 중에도 LNG Bunkering 작업 중 주변 선박 통항에 따른 안전한 이격거리의 확보 또한 중요한 사항이지만 이에 대한 연구는 미진한 형태이다. 이에 안전한 이격거리에 대해서 외국 및 국내규정을 검토하였으나 명확한 규정이 없어 이에 대한 분석을 통한 안전하고, 경제적인 이격거리에 대한 연구가 필요하다. 안전한 이격거리에 대해 분석하기 위한 우선적으로 안전한 이격거리에 영향을 미칠 요소에 대해 검토한다.

핵심용어 : LNG Bunkering, 이격거리

1. 연구의 배경 및 목적

1 연구의 배경

추진 배경

- 해양 및 대기 오염 확산방지를 위한 친환경선박에 대한 전세계적 관심 고조
- LNG를 연료로 하는 LNG 연료추진선의 확대
- 국내의 LNG Bunkering 사업의 관심 및 전문 LNG Bunkering 선박 건조 추진(한국가스공사 75,000m³ 화물 규모 이상 선박 2022년말 까지 건조예정)
- 부산신항 LNG 벙커링 터미널 개발예정
- LNG Bunkering의 안전한 운용을 위한 위험성 분석 필요

2. 선행연구

1 LNG Bunkering 위험분석 관련 논문

- Evaluation of safety exclusion zone for LNG bunkering station on LNG-fueled ships(2018, B.J Jeong, S.M Ha)
 - 경량적 위험평가(QRA)의 도움으로 벙커링스테이션주변의 안전배출구역을 결정하는방법으로평가함
- Location Selection of an LNG Bunkering Port in Korea(2019, Wen Lu,
 - 정근-패지 신호 관계를사용하는분석(CFPR)으로 LNG의 평균하역속도, 총 선박수, 거리 등의 위치 선택, 벙커링 서트의안전 수준의 다중 기준으로 평가
 - 부산항, 광양항, 울산항, 인천항 순으로 평가됨
- Application of risk analysis in the liquefied natural gas (LNG) sector: An overview (2020, Isaac Animah 외)
 - LNG 벙커링과 관련된 기존 발표된 논문, 출판물에 대한 내용을 검토하고 분류
 - 기존의 위험분석방법으로 71% 분석함, 환경, 안전, 경제 및 사회등을 고려하여 평가할 필요가 있음

1. 연구의 배경 및 목적

2 연구의 배경 및 목적

추진배경

- LNG bunkering 중 주변 선박 통항으로 인한 안전 이격거리에 대한 연구가 활발하지 않음
- LNG를 운반하는 선박의 통항과 관련된 이격거리에 대한 기준 차이
- 국내 LNG Terminal를 마다 이격거리 차이
- 전세계적으로 이격거리에 대한 기준이 모호함
- 국내 기준인 "항만 및 어항 설계기준" 에도 이격거리에 대한 기준이 모호함

LNG 벙커링 중 타선박 통항의 안전한 이격거리에 대한 연구 필요성

2. 선행연구

2 이격거리 관련 논문

- 선박의 간섭영향을 고려한 안전통항거리에 관한 기초 연구(2017, 이상도)
 - 동해 가스전을 대상으로 AIS 정보에 기반을 둔 해 양시설물과 선박간의 안전이격거리에 관한연구로서 정규분포를 이용한이격거리결정
- 항만항단 해상교량의 통항분포에 기반한선박안전이격거리 기준에 관한 연구(2020, 손우주 외)
 - 선박조종시물레이터를 이용하여 파니막스급 컨테이너선의 근접상황에 대한 결과를 이용하여 영향요소별로 안전통항거리를 도출

† 교신저자 : 종신회원, lys@kmou.ac.kr
 * 정회원, ryuwon@seaman.or.kr

2. 선행연구

2 이격거리 관련 논문

- 선박의 간섭영향을 고려한 안전통항거리에 관한 기초 연구(2017, 이상도)
- 동해 가스전을 대상으로 AIS 정보에 기반을 둔 해양시설물과 선박간의 안전이격거리에 관한 연구로서 정규분포를 이용한 이격거리 결정
- 항만형단 해상교량의 통항분포에 기반한 선박 안전이격거리 기준에 관한 연구(2020, 손우주 외)
- 선박조종시율러미터를 이용하여 파나막스급 컨테이너선의 근접상황에 대한 결과를 이용하여 영향요소별로 안전통항거리를 도출

2. 이격거리 기준

2 이격거리에 대한 기준

- "항만 및 어항 설계 기준 및 해설" 계류시설 설계일반(KDS 6455 10 : 2017)

[4.2 선석 치수]

해설 (3) 인화성 위험물을 취급하는 부두에서는 안벽위의 하역 작업 장소 또는 하역선박이 석유류의 탱크, 보일러 및 화기를 다루는 작업장까지 **30m 이상** 거리를 두는 것이 좋다. (중략) ... 30m의 이격거리는 인근의 정박선박과 부근을 항행하는 선박까지에도 적용할 수 있으나 상황에 따라 적절히 증감할 수 있다.
 해설 (7) 유조선과 같이 인화성 위험물의 하역을 행하는 선박의 경우는 하역선박으로부터 다른 정박선박까지의 거리가 30m 이상으로 하고, 부근 항행선박이 30m 이상 충분히 이격, 항행할 수 있어야 한다. 그러나 하역선박이 크고 부근 정박선박 및 항행선박의 종류, 크기, 폭주 상태 등에 따라 상기 거리를 적당하게 증감할 수 있다.

3. 이격거리 기준

1 LNG Bunkering 방법



- Truck to Ship - TTS
- Pipe to Ship - PTS
- Ship to Ship - STS

2. 이격거리 기준

2 이격거리에 대한 기준

- 국내 LNG 운반선과 LNG 터미널에 관련하여 법령으로 정해져 있지 않음
- 지방 자치 행정고시나 세칙으로 일부 사항을 규정

LNG 터미널	규정
평택 터미널	“평택, 당진항만시설운영세칙” 평택 LNG 부두 전면 해상 500미터 이내의 항행 제한
인천 터미널	“인천항 선박통항규칙” 동수로 LNG 운반선의 통항 우선권 “인천항 항만시설운영세칙” 터미널 부근 500m 이내에 어로 작업 금지 (다만, 경인항 항만시설 운영세칙으로 개정되면서 관련 규정 제외됨)
동영 터미널	“진해만 및 부근수역의 항행안전에 관한 고시” 동영 LNG 터미널에 LNG 운반선이 접안되어 있을 경우와 LNG 운반선이 운항 중일 경우 주변으로 반경 1km 이내 접근을 금지

2. 이격거리 기준

1 LNG Bunkering 방법



대형선의 LNG 공급을 위해서는 육상 LNG 시설이나 중형미상의 Bunkering Shuttle를 이용해야 함



2. 이격거리 기준

2 이격거리에 대한 기준

구분	규정		
영국	반경 동향 금지 및 선수 방향으로 1해리, 선미방향으로 0.6해리의 동향 제한		
호주	LNG 터미널 주변 700미터의 배후쪽 수역 일괄		
미국	운행 중인 LNG 운반선 구역 선수 : 600야드(약 467미터) ~ 1000야드(약 816미터)	LNG 운반선이 터미널에 정박 중 인 경우 터미널 구역	LNG 운반선이 터미널에 접안되어 있지 않을 경우 터미널 구역
	선미 : 600야드(약 467미터) ~ 1000야드(약 816미터)	500야드(약 467미터) ~ 1000야드(약 816미터)	500야드(약 467미터)
	정박 : 100야드(약 81.6미터) ~ 1000야드(약 816미터)		
대한	선수 방향으로 2해리, 선미 방향으로 1해리 및 정박 방향으로 150미터 이내 동향 제한		
캐나다	LNG 터미널 주변 500야드(약 467미터) 안의 수역 일괄		
오만	LNG 터미널 약 500미터 이상의 직할 수역을 일괄하여 보인사(Boat)를 운행하지 않은 선박은 접근 금지		

3. 이격거리 기준에 대한 연구

이격거리와 관련된 현재의 문제점

1. 항만 및 정박지에 대한 LNG Bunkering 작업 중 최소한의 안전을 유지할 수 있는 이격거리에 대한 연구가 활발하지 않음
2. LNG 운반선과 LNG 터미널과 관련된 국내외 규정 및 문헌들의 검토한 결과 일관성이 존재하지 않음
3. 초창기 LNG 운반선 및 터미널이 운영되었을 때 안전 확보를 위해 몇몇 규정들은 있었으나 점차 운영상의 안전성이 확보되면서 새로 계획하고 건설되는 터미널에서의 안전이격거리에 대한 별도의 규정이 정해지지 않는 경향이 있음
4. 국내의 위험물 운반선의 이격거리는 너무 과소하고 외국의 LNG 규정은 과한 기준을 제시하고 있음

3. 이격거리 기준에 대한 연구

1. 선박운항자 입장에서 통항 중 LNG bunkering 선박 작업 중 안전을 위한 이격거리 기준 제시
2. 이격거리 기준을 위한 선박의 통항 중 선박조선 및 선박의 영향 등의 선박내적 요소와 LNG Bunkering 작업 중 발생 가능한 선박외적 요소 등 고려요소 분석요함
3. 항만내 LNG Bunkering 터미널 설치시 안전 통항항로 설정 및 정박지(Anchorage)내 Bunkering 작업시 최소 안전거리 확보 기준을 제시함으로써 LNG Bunkering 작업과 관련된 통항 안전 확보의 기틀 마련
4. 정상적이고 통상적인 통항개념이 아니라 정확한 계산을 통한 안전한 이격거리 기준 제시로 선박운항자의 통항 도움 및 차후 항만설계 등에 기여 예상됨

3. 이격거리 기준에 대한 연구

안전한 이격거리를 위한 공식

$$S_D = \Sigma D_1 + \Sigma D_2 + M_S$$

- D_1 선박의 내부적위험요소(충돌, 항주파, Interaction 등)
- D_2 선박의 외부적위험요소(가스폭발, 액누설 등)
- M_S Safety Margins
- S_D 안전이격거리

3. 이격거리 기준에 대한 연구

