

# 울산신항 남항지구 동북아오일허브 남방과제 선박 통항안전성 분석

†김세원, 이윤석\*, 윤귀호\*, 박영수\*, 조익순\*

†한국해양대학교, 항해학부 교수, \*선박운항과 교수

**요약** : 이 연구에서는 울산신항 오일허브 1-2단계 20부두 계획안 중에서 대상선박 20만 DWT급, 30만 DWT급 유조선의 제4항로와 신항 북쪽과 남방과제 사이에서의 교행통항 등에 대하여 최악의 자연환경조건을 설정하여 선박조종 시뮬레이션을 수행하여 선박통항 안전성 평가의 결과에 따른 대상선박 및 항행여건의 개선방안 등에 대하여 제안한 내용을 소개하고자 한다.

**핵심용어** : 해상교통안전진단, 충돌위험도, 최근접거리, 30만 DWT 유조선, 선박조종 시뮬레이션

### 대상항만 모델링

**항만 모델링 (3D)**



**도선점 변경 후 실시**



변경 도선점과 KNOC 38M과 평행한 선  
변경 도선점을 항로와 같은 방향으로 내측선  
→ 변경 도선점에서 남동쪽으로  
약 1.5해리 떨어진 지점

### 대상선박 모델링

**대상 선박 3차원 모델링**



**대상 선박 제원**

대상선박	톤수(ton)	전장 (m)	선폭 (m)	흘수 (m)	최대속력 (knots)
30만톤급 유조선	295,027	333	60	22.5	14.5

**대상 선박의 선회성능**

구분	Rudder Angle (deg.)	Tactical Diameter (90 deg.)	Advance (90 deg.)	Transfer (90 deg.)	Final Time (sec)
Deep Water	우현 35	3.0L (992m)	2.6L (856m)	1.2L (400m)	1023.8s
	좌현 35	3.0L (987m)	2.6L (850m)	1.2L (400m)	1016.6s
Shallow Water	우현 35	3.3L (1099m)	3.2L (1065m)	1.3L (491m)	1061s
	좌현 35	3.3L (1085m)	3.2L (1054m)	1.3L (485m)	1052.2s

**대상 선박의 장지거리**

구분	Head Reach	Side Reach	Final Time (sec)
Deep Water	1.9L (626m)	4.4L (999m)	411.6s
Shallow Water	2.5L (820m)	4.9L (1099m)	447.6s

### 대상선박 모델링

**대상 선박 3차원 모델링**



**대상 선박 제원**

대상선박	톤수(ton)	전장 (m)	선폭 (m)	흘수 (m)	최대속력 (knots)
20만톤급 유조선	200,000	326	50	17	15
Engine 마력	31,480				

**대상 선박의 선회성능**

구분	Rudder Angle (deg.)	Tactical Diameter (90 deg.)	Advance (90 deg.)	Transfer (90 deg.)	Final Time (sec)
Deep	우현 35	2.7L (876m)	2.2L (728m)	1.4L (443m)	1056.8s
	좌현 35	2.7L (870m)	2.2L (722m)	1.4L (441m)	1053.3s
Shallow	우현 35	3.7L (1199m)	3.7L (1199m)	1.7L (543m)	1088.5s
	좌현 35	3.7L (1191m)	3.6L (1187m)	1.7L (543m)	1084.1s

### 시나리오 설정

**20만톤급 유조선 시나리오**

No.	선종/구분	구분	조류 (knots)	파랑 (m)	바람 (knots)	운행횟수
A-1	20만톤급 유조선/ 교행	주간	NNE/3.2kts	NE, SW /3m	NE, SW /27kts	3
			SW/2.8kts			
A-2	20만톤급 유조선/ 교행	시정제한	-	-	NW, SE /10kts	1
			-			
A-3	20만톤급 유조선/ 교행	엔진고장	NNE/3.2kts	SW /3m	SW /27kts	1
A-4	20만톤급 유조선/ 교행	조타기고장	-	-	-	1

※ 비교 : 예인선은 울산항 예인선 규칙을 준용하였음.

†교신저자 (종신회원) [swkim@hhu.ac.kr](mailto:swkim@hhu.ac.kr),

\* 종신회원 [lys@hhu.ac.kr](mailto:lys@hhu.ac.kr), [captun@hhu.ac.kr](mailto:captun@hhu.ac.kr), [youngsoo@hhu.ac.kr](mailto:youngsoo@hhu.ac.kr), [ischo@hhu.ac.kr](mailto:ischo@hhu.ac.kr).

### 시나리오 설정

■ 30만톤 유조선 단독입항 시나리오

시나리오	외력 조건	
	비람 조건	조류 특성 (방향/조류속)
CASE I 항로폭 500m, 방파제 3.00km	SW / 27kts	22.5° / 2.0kts (항로 이전까지)
CASE II 항로폭 700m, 방파제 3.96km		00.0° / 1.0kts (항로 진입후), 0.5kts(항내)

■ 선박 운항자의 평가 방법

평가방법 (위험도는 7단계로 분류)						
-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
상당한 위험	위험	약간 위험	보통	약간 안전	안전	확실한 안전

### 선박조종시뮬레이션

시나리오 A-3 : 20만톤급 유조선 연진고장 입출항 - (실시횟수 : 총 1회)

전체 항적도

### 선박조종시뮬레이션

시나리오 A1 : 20만톤급 유조선 교행 주간 입출항 - (실시횟수 : 총 3회)

전체 누적항적도

### 선박조종시뮬레이션

시나리오 A4 : 20만톤급 유조선 조타기고장 입출항 - (실시횟수 : 총 1회)

전체 항적도

### 선박조종시뮬레이션

시나리오 A2 : 20만톤급 유조선 시정제한 입출항 - (실시횟수 : 총 1회)

전체 항적도

### 선박조종시뮬레이션

20만 DWT급 유조선 시나리오별 분석 결과

시나리오	교행선박 최근접거리		남방파제 최근접거리		여유조타량	여유기관제어량	주관적평가
	평균 근접거리	중등역률	평균 근접거리	중등역률			
A-1	144	1.3x10	171	0.0000	72.16	59.76	-1.2
A-2	179	1회 수명	134	1회 수명	64.47	50.30	-1
A-3	211	1회 수명	160	1회 수명	72.83	58.70	-1.5
A-4	245	1회 수명	139	1회 수명	68.63	51.73	-1.5

## 선박조종시뮬레이션 종합평가

**■ 종합 평가**

- 20만톤급 유조선 선박조종시뮬레이션 평가 기준별 분석
- 방파제 끝단과의 이격거리 기준 **충돌확률 10<sup>-4</sup>으로 만족**
- 선속 및 타락에 따른 여유제어도 **50% 이상 확보**
- 선박운항자 주관적 평가 입항 -1.2 수준, 다소 위험하나 주의 운항시 입출항 가능 확인
- ▶ 20만톤 유조선 안전성 판별 결과 → 통항 및 접이안 안전성 만족(주의 운항 필요)

**■ 20만톤급 선박 특성**

- 선박 규모 대비 비교적 엔진 양호한 엔진 마력 보유(31,480마력)
- DWT 160,000~200,000톤급 엔진규모 25,000~30,000마력 전후인 반면,
- DWT 300,000 선박은 32,000~35,000마력 수준임
- 외력의 영향이 전저어나 제4항로 진입 속력 및 선속 제어가 가능한 조종 및 추진성능 보유

제4항로 지형적인 특성(외력조건, 항로배치), 대상선박의 조종/추진성능 고려  
**20만톤 규모가 운항 가능한 한계(기준) 선형으로 판단됨**

## 선박조종시뮬레이션 종합평가

**■ 선박 전입 및 통항안전성 분석 결과**

- 항조류(Ocean current) 및 바람조건으로 제4항로 진입 어려움
- 저속 운항(5knots 미만)시 과도한 편락 발생(20° 이상)으로 방파제 진입 곤란(70° 전후 대각도 편침)
- 선속 증가(7knots)시 방파제 진입 후 선속제어 곤란
- 제4항로 종류 저수심 및 암초 산재로 선박 통항 곤란 및 사고위험 발생 개연성 높음

**■ 항내 진입시(방파제 진입)**

- 조류에 대응하기 위해 선속 증가시 접안을 위한 선속 감속 불가(방파제 및 접안선박과 충돌)
- 접안을 위한 선박 장지거리 확보(VLCC 최소 1마일 전진타락) 불가
- 대각도 편침(70° )에 따라 항조류의 영향을 더욱 크게 받음(항만설계기준 30° 이하)
- 항로폭의 규모와 상관없이 제4항로 진입 및 적정 선속 제어 불가

제4항로 지형적인 특성(외력조건, 항로배치), 접근수역의 저수심 및 암초 등의 영향으로 **항로 규모가 상관없이 30만톤 유조선 입항이 불가함**

## 선박조종시뮬레이션 분석

**■ CASE I 누적항적도 분석 (항로폭 500m, 방파제 3.00km)**

선박운항시 평가 -2.7(성형안 위험)  
**안전성 확보 불가**

일항 영상 CLICK

- 정상입항시(5kts 미만) = 항조류에 의한 선박밀려 및 속도제어 불가로 방파제와 충돌발생
- 종속입항시(7~8kts) = 접안을 위한 선박 장지거리 미확보로 인벽 및 범람길방파제에 충돌
- 대각도 편침(70° )에 따라 항조류의 영향을 더욱 크게 받음(항만설계기준 30° 이하)

## 선박조종시뮬레이션

선박운항자 의견 수렴 결과

- ☞ 해상교통안전진단 기술기준인 외력조건하에서는 통항이 적절할 것으로 판단됨.
- ☞ 시뮬레이션보다 더욱 악화된 기상상황과 통항량 증가시에는 주의 필요 요망함.
- ☞ 방파제 통항시 5~7kts의 속력이 적당함. 접안시에는 1~3kts의 속도가 적당함.
- ☞ 항로폭은 20만톤급 유조선의 선폭의 108인 500m로 충분함. 다만 심리적으로 다소 좁게 느껴지므로 가장 좁은 수역에서는 교통량 지양하는 것이 통항안전성에 확보에 도움이 될 것 같음.
- ☞ 방파제 끝단에 다목적 등대(조류, 운항, 시각 정보)의 설치가 요함. 특히 조류에 대한 정보가 요구됨.
- ☞ 야간 입항시에 대비하여 방파제 및 부두전면 Fender에 LED 조명 필요.

## 선박조종시뮬레이션 분석

**■ CASE II 누적항적도 분석 (항로폭 700m, 방파제 3.96km)**

선박운항시 평가 -2.7(성형안 위험)  
**안전성 확보 불가**

일항 영상 CLICK

- 정상 입항시(5~7kts) = 항조류에 의한 선박밀려 및 속도제어 불가로 방파제와 충돌발생
- 항진입을 위한 변침시 방파제 연장 증가로 800m 입항시 보다 선박 제어 불량

## 선박조종시뮬레이션

선박운항자 의견 수렴 결과

- ☞ 추가적인 안전성 확보를 위해 조류방향에 따라 일항시간 조정.
- ☞ 시정제한시 RADAR에 의한 조선이 불가피하므로 이로 인한 조작 Delay로 출항항로 침입이 우려되므로 가능한 시계불량시는 입항은 제한되어야 함.
- ☞ 엔진고장시 선미 예진술 Escort로 활용.
- ☞ 비상상황에 적극적으로 대처하기 위해 충분한 마력의 예진술 확보가 요구됨.
- ☞ 5만톤급 이하의 선박의 통항 및 접이안 안전성은 충분히 확보되는 것으로 판단됨.