

Saudi Rabigh Port Jetty #2 건설 선박운항 안전성평가

† 백 미선 · 서 태호* · 공 인영** · 신 수연* · 정 미현*

† **,*(주)세이프텍리서치


요 약 : Saudi Rabigh Port 남측에 Rabigh Jetty #2를 건설하려는 계획에 따라 20,000 DWT급 Tanker 부터 120,000 DWT Tanker의 계류가 가능한 부두 1선식이 건설될 예정이다. 이러한 해외 항만 건설에 대한 선박운항안전성 평가를 위하여 국내 해상교통안전진단 시행지침을 적용하여 수행하였으며 이에 대한 평가 사례를 소개하고자 한다.

핵심용어 : 선박조종시물레이션, 해상교통안전성 평가, Saudi Rabigh Port, 계류안전성 평가

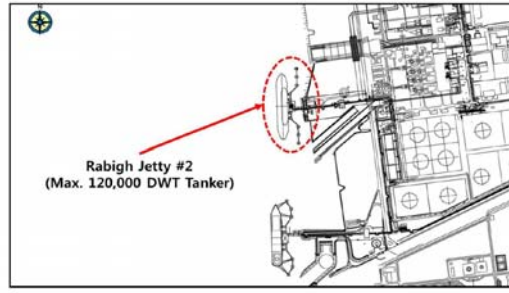
Saudi Rabigh Port Jetty #2 건설 선박운항안전성평가

Analysis of stability on vessel operation
on Saudi Rabigh Port Jetty #2

(주)세이프텍리서치
백미선*, 서태호, 신수연, 공인영, 정미현



Saudi Rabigh Jetty #2 평면 배치도

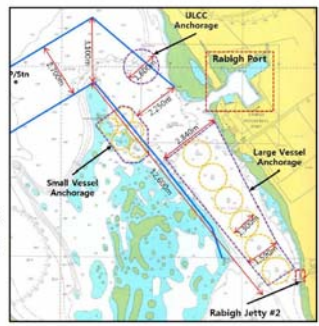


Rabigh Jetty #2
(Max. 120,000 DWT Tanker)

3

개요

- 안전성 평가의 배경 및 목적
 - 사우디아라비아 서쪽 Rabigh Port 남측에 Rabigh Jetty #2를 건설하려는 계획에 따라 최소 20,000 DWT Tanker, 최대 120,000 DWT Tanker의 계류가 가능한 부두가 건설될 예정이다.
 - 이에 따라 Jetty #2 건설 계획에 잠재되어 있을 수 있는 문제점을 식별하기 위한 선박조종시물레이션, 계류안전성 평가와 같은 정량적/정성적 분석을 수행하였음.



2

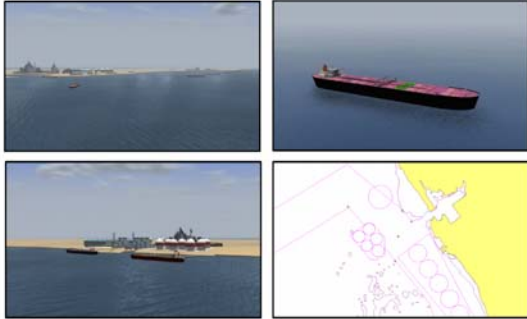
안전성 평가 항목

- ➡ 선박조종시물레이션 평가
 - 풍속 Saudi Rabigh Jetty #2 평면배치도 및 부두 이용 대상 선박에 대하여, 선박조종 시물레이션에 의한 통항 안전성 평가 및 접이안 안전성 평가를 수행하였음.
- ➡ 계류안전성 평가
 - 건설 예정인 Saudi Rabigh Jetty #2에 대하여 20,000 DWT, 40,000 DWT, 80,000 DWT, 100,000 DWT, 120,000 DWT Tanker가 각각 계류중인 상태에 대한 계류안전성을 분석하였음.
 - 계류안전성 평가를 위해 OCIMF(Oil Companies International Maritime Forum) 및 Guide To Port Entry 등과 같은 문서를 참조하여 분석을 수행하였음.

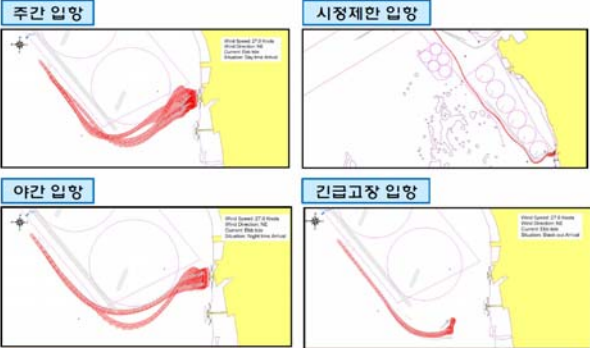
4

† 교신저자 정희원) bms1118@strkorea.co.kr
 **중신회원 tachyon@strkorea.co.kr

Saudi Rabigh Jetty #2 2차원 및 3차원 선박, 해역 모델링



선박조종시뮬레이션 주요 항적 (입항)

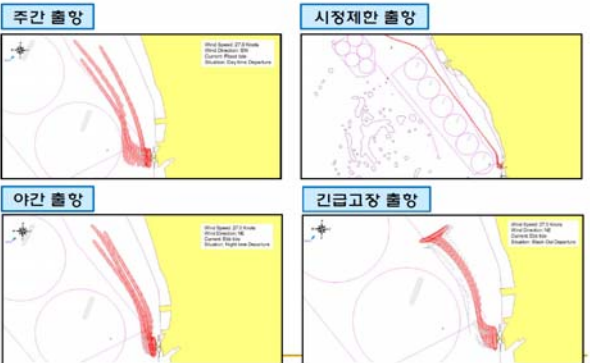


선박조종시뮬레이션 수행

- 대상선박 : 120,000DWT Tanker
대상 부두 입출항 예정 선박 중 최대 크기 선박
- 선박 운항자 : Tanker 등의 선박 운항경험이 풍부한 대신양 도선사 및 1급예기사
- 참가관 : 관계기관



선박조종시뮬레이션 주요 항적 (출항)



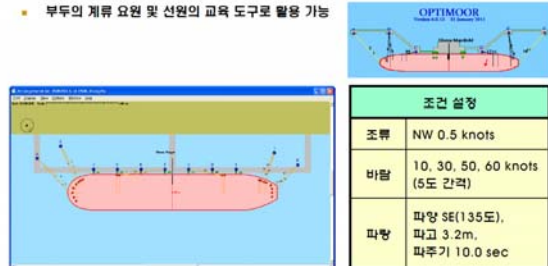
선박조종시뮬레이션 시나리오

- o 국내 해상교통안전전단 기준, Guide to Port Entry 기준, 국내항 예선사용지침 참고
- o 도선시험회 및 관계기관 협의를 통하여 최적의 시뮬레이션 시나리오 설정
- o 선박 접이안시 사용한 예선 용량은 도선사와 협의하여 결정 (중 사용 예선 마력:13,000 마력)
- o 어중상머 : 입항(만재) / 출항(경하) 설계사와 협의하여 결정
- o 초기 위치, 기상조건 설정 등 협의
- o 입항 9회, 출항 8회 총 17회 수행

Condition	Wind	Current	Wave	Load Condition	Simulation
Arrival	A-1 Day NE-27 knots Ebb 2.0m Full Load 3 times				
	A-2 NE-27 knots Ebb 2.0m Full Load 2 times				
	A-3 NE-27 knots Ebb 2.0m Full Load 2 times				
	A-4 Fog y NE-27 knots Ebb 2.0m Full Load 1 time				
	A-5 Black Out NE-27 knots Ebb 2.0m Full Load 1 time				
Departure	B-1 Day SW-27 knots Flood 2.0m Ballast 3 times				
	B-2 Night SW-27 knots Flood 2.0m Ballast 3 times				
	B-3 Fog y SW-27 knots Flood 2.0m Ballast 1 time				
	B-4 Black Out SW-27 knots Flood 2.0m Ballast 1 time				
Total number of Simulations					17 times

계류 안전성 평가 프로그램

- TTI (Tension Technology International)사의 OPTIMOOR Ver 6.0.13 (2011.01.31) 사용
- 바람, 파랑, 조류, 물수 등 외력의 영향이 계류에 미치는 영향 즉각 파악 가능
- 부두의 계류 요원 및 선원의 교육 도구로 활용 가능



조건 설정	
조류	NW 0.5 knots
바람	10, 30, 50, 60 knots (5도 간격)
파랑	파랑 SE(135도), 파고 3.2m, 파주기 10.0 sec

계류안전성 평가 - 환경 설정

- 대상선박 : 선박별 만재 및 경마상태 (2만, 4만, 8만, 10만, 12만 DWT급 유조선)
- 계류식의 종류 및 파단 강도 : Guide to Port Entry 및 관련 기관의 전문가 의견을 수렴하여 통상적으로 유조선에서 사용하는 Rope를 적용하였음.

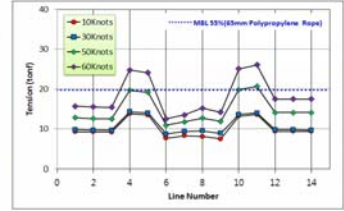
Ship	Type and Dia.(mm)	Breaking Strength
20,000 DWT Tanker	65mm pp(polypropylene)	36.0 ton
40,000 DWT Tanker	42mm Steel Wire With 80mm polyamide (double braid)	Steel Wire: 121 ton Polyamide: 117 ton
80,000 DWT Tanker		
100,000 DWT Tanker		
120,000 DWT Tanker		

Fender Model	Max. reaction force (ton)	Panel Size (m ²)	QRH	Max. load force (ton)
SCK 2250H	280	4.0m(h) x 4.5m(w)	QRH	300

11

계류안전성 평가 결과 - 20,000 DWT Tanker

- 20,000 DWT Tanker 계류안전성 평가 결과, 선수 및 선미 Breast Line의 장력이 MBL의 55%를 초과하는 것으로 남.
- 풍속 60 knots일 경우, 선수 및 선미 Breast Line 장력은 21~73% 수준.
- 50 knots 이상의 강풍이 예상되는 경우, Breast Line을 추가하는 것이 바람직할 것으로 판단됨.



이동 상태	이동 상태	최대 이항	이송 수준
정박 상태	계류식 장력	선수, 선미 Breast Line (Line No. 4~5, 10~11)	파단력의 약 67% ~ 73% 수준
	Fender 반력	전체 Fender (Fender No. aa~dd)	최대 이송 반력의 약 98% 수준
	QRH 작용력	선미부 QRH (QRH No. MD-3)	최대 이송 이항의 약 17.5% 수준
만재 상태	계류식 장력	선수, 선미 (Line No. 4~5, 10~11)	파단력의 약 43% ~ 49% 수준
	Fender 반력	선미부 Fender (Fender No. bb~dd)	최대 이송 반력의 약 98% 수준
	QRH 작용력	선미부 QRH (QRH No. MD-2)	최대 이송 이항의 약 12.3% 수준

14

계류안전성 평가 - 환경 설정

Guide to Port Entry (풍속 및 계류 관련 정보)

SAUDI ARABIA

Operational and Berthing Criteria:
(a) Limiting conditions for the Pilot to board the vessel:
Wave height of 2.0m. Wind over 25 knots(Beaufort Scale Force 6).

However, vessels can remain alongside the berth even with a 60 knots wind speed (Beaufort Scale Force 11).

Mooring Arrangements : Recommended mooring diagrams are shown in the "Plan Section". However, in order to ensure the safety of personnel, tankers and loading facilities, and to prevent accidental oil spillages, the Rabigh Port Management strongly recommends that tankers utilise the minimum mooring lines and mooring wires as follows:

Up to 45,000 d.w.t - minimum of 16 mooring lines.
45,000 d.w.t to 70,000 d.w.t - minimum of 16 mooring lines to include 6 wire lines for springs and/or breast lines.
VLC must provide on all wire mooring arrangement of minimum:
70,000 d.w.t to 160,000 d.w.t - 12 mooring wires.
160,000 d.w.t to 250,000 d.w.t - 16 mooring wires.
250,000 d.w.t to 350,000 d.w.t - 16 mooring wires.
350,000 d.w.t to 450,000 d.w.t - 18 mooring wires.
For mooring VLCCs, it is recommended that as a minimum a 42mm diameter 6 X 37 class IWRC preformed heavily drawn galvanised wire line (minimum tensile strength of 180 kg/sq.mm) with a typical MBL of 115 tonnes be specified.

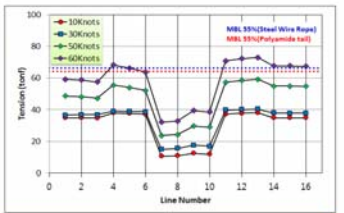
최악의 경우, 풍속 60knots 적용

선박별 계류식 개수, 종류, 두께 정보 등 참고

12

계류안전성 평가 결과 - 120,000 DWT Tanker

- 120,000 DWT Tanker 계류안전성 평가 결과, 선수 및 선미 Breast Line의 장력이 MBL의 55%를 초과하는 것으로 남.
- 풍속 60 knots일 경우, 선수 및 선미 Breast Line 장력은 9~62% 수준.
- 50 knots 이상의 강풍이 예상되는 경우, Breast Line을 추가하는 것이 바람직할 것으로 판단됨.



이동 상태	이동 상태	최대 이항	이송 수준
정박 상태	계류식 장력	선수, 선미 Breast Line (Line No. 4~6, 11~13)	파단력의 약 55% ~ 62% 수준
	Fender 반력	선미부 Fender (Fender No. dd)	최대 이송 반력의 약 99% 수준
	QRH 작용력	선미부 QRH (QRH No. MD-2)	최대 이송 이항의 약 70% 수준
만재 상태	계류식 장력	선수, 선미 Breast Line (Line No. 4~6, 11~13)	파단력의 약 34% ~ 43% 수준
	Fender 반력	선미부 Fender (Fender No. cc~dd)	최대 이송 반력의 약 98% 수준
	QRH 작용력	선미부 QRH (QRH No. MD-2)	최대 이송 이항의 약 49% 수준

15

계류안전성 평가 - 환경 설정

Guide to Port Entry (조류 및 조류 정보)

Wind and Currents : The tide cycle is semi-diurnal. Elevation of the tide levels in relation to the mean sea level are as follows:

LLWL	-0.74m
H.H.WL	+0.74m
M.S.L	0.00m
Mean Daily Tidal Range	0.34m

Local currents are affected by the general circulation of currents in the Red Sea. They usually flow in a N.W. ly direction along the coast with a speed usually not in excess of 0.5 knots. The Rabigh Port is min mally affected by tides, and there are no significant currents produced by tidal flows.

조류) 유양 NW, 유속 0.5knots 적용

파고 및 파장) 100년 빈도 심해설계파 자료 중 부두 근처에서 가장 높은 수치를 나타낸 파고 및 파장 적용

Guide to Port Entry (파도 정보)

대상 부두	유의파		
	파고(m)	파장()	주기(sec)
Saudi Rabigh Jetty #2	3.2	135W	10.0

13

종합 평가 결과

시뮬레이션 종합 평가 결과

- 대상해역에서 출현 가능한 가혹한 환경조건(풍속 27 knots, 0.5 knot의 조류)아에서 수행된 선박조종 시뮬레이션 분석 결과에 근거하여 판단하면, Saudi Rabigh Jetty #2에 입출항 예정인 120,000 DWT Tanker 입출항 작업에는 별 문제가 없는 것으로 판단됨.

계류안전성 종합 평가 결과

- 계류안전성 평가 결과 파고 3.2m, 풍속 50 knots까지는 계류식 장력이 MBL의 55%를 초과하지 않는 것으로 나타났으며, 파고 3.2m, 풍속 60 knots 조건에서는 선수 및 선미 Breast line 장력이 MBL의 55%를 초과하는 것으로 나타났으나, 이는 각 계류식의 파단력 범위 내에 있어 선박이 안전하게 계류하는데 별다른 문제가 없을 것으로 사료됨.
- 그러나 부득이하게 풍속 50knots 이상의 강풍이 예상되는 상황에서 계류가 필요한 경우에는, Breast Line을 추가하는 것이 바람직할 것으로 판단됨.

16