

제주신항의 해상교통안전성평가에 관한 연구

김창제* · 채양범** · 예병덕*** · 강성진**** · 김원옥***** · 정재용*****

*한국해양대학교 해사수송과학부 부교수, **한국해양대학교 운항시스템공학부 부교수
한국해양대학교 해사수송과학부 부교수, *한국해양수산연수원 전임강사
*****한국해양대학교 대학원, *****한국해양대학교 마린시뮬레이션교육연구센터 전임연구교수

A Study on the Assessment of the Marine Traffic Safety through Construction of the Jeju New Harbor

Chang-Je Kim* · Yang-Bum Chae** · Beyong-Duck Ye*** · Song-Jin Gang**** · Won-Ouk Kim***** · Jae-Yong Jong*****

*Division of Maritime Transportation Science National Korea Maritime University, Pusan 606-791, Korea
**Division of Ship Operation Systems Engineering National Korea Maritime University, Pusan 606-791, Korea
***Division of Maritime Transportation Science National Korea Maritime University, Pusan 606-791, Korea
****Nautical Science Section Korea Institute of Maritime and Fisheries Techlolgy, Pusan 608-080, Korea
*****Graduate school of National Korea Maritime University, Pusan 606-791, Korea
*****Marine Smulation Education and Training Center of National Korea Maritime University, Pusan 606-791, Korea

요 약 : 80,000 G/T급 크루즈선이 입항할 수 있는 터미널을 계획하고 있는 제주신항에 대하여 자연·환경 조건 및 방파제 등의 구조물 등을 고려하여 선박조종시뮬레이션을 실시하여 입·출항 및 접·이안의 안전성을 평가하고자 한다. 안전성 평가는 항로경계의 침범여부, 구조물과의 최근접거리, 선박조종자의 주관적 평가를 통계적으로 해석하는 방법을 이용하였다.

핵심용어 : 선박조종시뮬레이션, 해상교통안전성평가, 최근접거리, 주관적 평가, 항로

Abstract : In accordance with the development plans of Jeju for international free city, Jeju new harbor will be constructed cosidering supporting Jeju city as an international tour city, safe arrival and departure at the terminal of 80,000G/T cruise ship. In this study, we used a full-mission ship handling simulator adopting 80,000 G/T cruise ship manoeuvred at the planned Jeju international cruise terminal. Five masters who have had a long experience of ship maneuvering were called to carry out the simulations, of which No. 1, No. 2 and No. 4 scenario of simulation were tried twice, completed the total of 10 times and No. 3 scenario of simulation once, reached at the total of 5 times. The marine traffic safety was assessed in terms of 1) the closest point of approach(CPA) to breakwater and quay in the vicinity and the probability of crossing fairway limit, 2) subjective evaluation such as the mental burden and the maneuvering disfficulty of shiphanders, and 3) the opinions of shiphanders. From the result of this simulation, we have a conclusion that the 80,000 G/T cruise ship can be maneuvered safely at the planned terminal.

Key words : shiphandling simulation, the assessment of the marine traffic saferty, the closest point of approach, subjective evaluation, fairway

1. 서 론

제주지역은 항만 접안시설의 부족에 따른 만성적인 체선, 체

화 현상으로 인한 물류비 상승이 지역 경제발전의 장애요인이 되고 있다. 하지만 제주는 『국제자유도시 개발계획』이라는 장기계획을 세우고, 제주를 국제관광도시로 개발하기 위하여 대형선박(80,000 G/T급 크루즈선)이 입항할 수 있는 제주신항 건설을 계획하고 있어 향후 제주를 국제자유도시로 탈바꿈을 하는데 많은 도움이 될 것으로 판단된다.

이와같은 제주가 국제자유도시로 변모하기 위한 대형선박의 입·출항 및 접·이안 안전성 검토를 위해, 제주 신항의 자연적, 환경적 조건 및 제주신항 방파제 등의 구조물에 대한 상황

* 정회원, kimc@hanara.kmaritime.ac.kr, 051-410-4761
** 정회원, chaeyb@hanara.kmaritime.ac.kr, 051-410-4287
*** 정회원, byea@hanara.kmaritime.ac.kr, 051-410-4243
**** 정회원, gangjune@post.webkimft.or.kr, 051-620-5845
***** 정회원, kwo72@orgio.net, 051-419-4765
***** 정회원, capt-jyjong@hanmail.net, 051-410-4766

을 면밀히 고려한 대형선박의 안전성 평가가 필요하게 되었다. 따라서, 제주신항에 대한 대형선박 입·출항 및 접·이안의 안전성, 최적의 항로, 항로표지의 배치, 선박운항에 대한 통제의 필요성 및 대형선박의 접·이안에 따른 예인선의 필요성 등을 검토하기 위하여 선박조종 시뮬레이션을 통한 전반적인 검토를 하였다.

따라서 이 연구에서는 80,000 G/T급 크루즈선의 접·이안이 가능토록 건설 예정인 제주신항에 대한 선박운항 안전성에 대해 고찰하고자 한다. 이 연구를 수행하기 위하여 전기능 실시간 선박조종시뮬레이터(Full-mission Ship Handling Simulator, 이하FMSHS이라 한다)를 사용하였으며 시뮬레이션은 조종 경험이 많은 선장 출신의 연구진들이 모델 선박을 직접 조종하고 그 결과를 통계적으로 분석·평가하여 안전성 여부를 확인하는 단계로 수행하였다.

또한, 시뮬레이션을 통한 안전성 검토와 함께 이 연구의 신뢰성을 높이고 예상되는 문제점을 최소화하기 위하여 현장조사, 관련기관과의 협의 및 면담 등을 통한 실태조사를 병행하였다.

2. 시뮬레이션 조건

이 연구는 해양수산부의 “제주신항 항만광역개발 기본계획 보고서(제3권 신규항만개발계획편)”(1994. 9)(이하 “기본계획 보고서”라 한다) 및 “제주신항 방파제(1단계)축조 실시설계용역 보고서”(2000. 12)(이하 “실시설계보고서”라 한다)를 토대로 시뮬레이션을 실시하였다.¹⁾

2.1 시뮬레이션 이용범위

이 연구에서 사용된 시뮬레이션은 FMSHS로 조류, 시계 및 바람 등의 환경조건과 파도, 파랑에 의한 영향 및 재현도 가능하여, 해상환경의 이미지를 실제와 유사하게 표현이 가능하다.

이 연구에 사용된 선박조종 시뮬레이터의 이용범위는 다음과 같다.²⁾

- 가. 선박조종훈련
- 나. 입·출항 및 접·이안 조종 훈련
- 다. BRM(Bridge Resource Management) 훈련
- 라. 항만 및 항로 설계의 타당성 검증
- 마. 항로표지의 위치 등에 관한 타당성 검증
- 라. 기본적인 항해 훈련 혹은 레이더에 의한 항해 훈련
- 바. 선박조종에 관련된 물리적 외력(바람, 조류, 파랑, 예선 및 계류삭 등)에 관한 연구
- 사. 접안 및 이안, 부표 계류 등과 같이 저속 조종시의 훈련
- 아. 충돌, 좌초 등 해상 사고의 재현 및 분석
- 자. 계류 시스템에 대한 훈련
- 차. ECDIS, GPS 등 새로운 항해 장비에 대한 시험 적용 등에 이용된다.

2.2 연구의 범위

선박조종 시뮬레이션을 이용한 연구 범위는 제주신항 개발 완료후의 진입항로, 제주신항내의 선화장 및 부두 접안까지의 모든 구역이며, 연구의 범위는 Fig. 1과 같이 나타내었다.³⁾

2.3 모델선박의 제원

이 연구에서는 제주신항에 대형선박의 접·이안이 가능토록 부두를 설계하므로, 입항 예정 최대선박인80,000G/T급 크루즈선을 대상으로 하였다. 이 모델 선박은 실제 선박과 동일한 운동특성을 가지고 있으며 항해장비들 또한 실제 선박과 유사하게 하여, 시뮬레이션 결과에 대한 신뢰성을 높이고자 하였다. 모델 선박의 제원은 Table 1과 같다.

2.4 환경조건

이 연구 수행 중 선박조종에 영향을 줄 수 있는 항로, 천소 위치 등의 지리적 조건은 기본설계보고서를 참고하여 수행하였고, 최신 해도, 조석 및 조류도를 사용하였다. 또한 바람, 조류 및 수심 등과 같은 자연조건도 상기의 보고서에 언급한 사항만

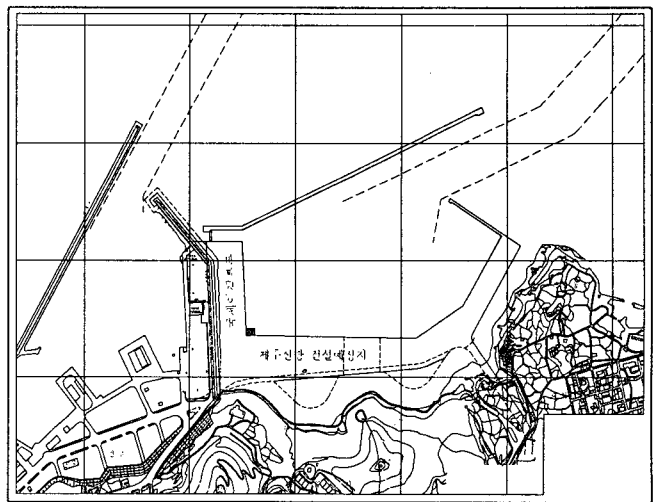


Fig. 1 Simulation area for Jeju new harbor

Table 1 Characteristics of an 80,000 G/T cruise ship

Tonnage	80,000 G/T
Length overall(m)	300.0
Breadth(m)	33.0
Full load draft(m)	10.5
Max. speed(kn)	22.3

건설이후 발생할수 있는 조건을 이용하였으며, 해도 및 수로서 지는 현재의 자료를 이용하여 시뮬레이션을 실시 하였다. 상기와 같은 자료를 이용한 시뮬레이션의 조건 값은 Table 2와 같다.

풍속은 통상 선박이 노출된 해역에서 접·이안이 가능한 한계풍속을 25노트(13.0m/s)로 보고 있고, 자동차 전용선의 경우에는 접·이안이 가능한 한계 풍속으로 20노트를 보고 있다. 이 한계풍속 이상에서는 특별한 경우를 제외하고는 접·이안이 금지되기 때문에 이 연구에서는 풍속에 영향을 많이 받는 크루즈선의 경우 조종한계치를 자동차선과 동일한 풍속인 20노트를 한계풍속으로 사용하였다.

풍향은 제주의 주된 풍향인 북서풍과 북동풍으로 하였다. 이 풍향은 제주신항 건설 예정지의 조류와 합성하여 선박의 입·출항 및 접·이안을 가장 어렵게 하는 풍향으로 북서풍은 낙조류와 합성시, 북동풍은 창조류와 합성시 선박을 동일한 방향으로 압류시킨다.

조류는 시뮬레이션을 통하여 제주신항 방파제 건설 이후 발생할 조류를 이용하였다. 방파제가 건설된 후, 제주신항의 접·이안시의 조류는 낙조류 090°, 1.4노트, 창조류 265°, 1.4노트로 시뮬레이션을 실시하였다. 또한, 풍향과 유향이 선박에 동일한 방향으로 영향을 주는 최악의 상황을 적용하였으며, 해도의 수심을 사용하되 항로의 수심은 DL(-)13.0m, 항내 선회장의 수심은 DL(-) 11.5m로 한다. 제주 신항의 항로폭은 200m를 적용한다.

다만 선박의 크기가 80,000G/T이므로 일방통항을 원칙으로 한다. 항로표지의 경우는 서방파제 끝단과 동방파제 끝단에 광달거리 20마일의 등대를 설치한다. 그리고 시뮬레이션 시나리오 오는 5명의 선장이 4회의 친숙과정을 실시한 후 미리 설정한 환경조건에 따라 무작위로 실시간 시뮬레이션을 실시하였다.

이상을 요약하면 Table 3과 같다.

2.5 시뮬레이션 결과 분석 및 평가 방법

실시간 선박조종 시뮬레이터를 이용하여 시뮬레이션을 실시한 모델 선박의 항적을 출력하여 장애물과의 근접도, 선박의 제어도를 파악하고, 조종자의 심적 부담도, 조종의 난이도 등 조종자의 주관적 평가를 파악하여 기록하였다.

또한, 시뮬레이션 반복 횟수, 대상 해역 및 선박의 특성 등을 이용하여 평가 및 검토를 하였으며, 시뮬레이션 결과 수집된 각종 자료들을 바탕으로 선박 조종 안전성을 주관적, 통계적 방법을 이용해서 분석 및 평가를 실시 하였다. 시뮬레이션 결과를 평가하는 방법에는 선박의 근접도, 선박의 제어도, 조종자의 주관적 평가법이 있다.

2.5.1 선박의 근접도 평가

선박의 근접도 평가는 다음과 같이 실시한다. 먼저 접근시 위험이 예상되는 기준점 또는 기준선을 설정한후, 이 기준점 또는 기준선과의 최근접거리를 측정한다. 접·이안 안전성 평가의 경우 선회장의 외곽선이나 둘러 싸인 방파제 및 인근 부

Table 2 Environmental conditions of Jeju port

Item		Simulation condition	Remark
Wind	Dir.	NW, NE	
	Speed	25 kn, 20 kn	
Depth	Channel	DL(-) 13.0m	
	Inner harbor	DL(-) 11.5m	
Current	Ebb	Dir. 090° 1.4 kn	Indicated on current chart
	Flood	Dir. 265° 1.4 kn	Indicated on current chart
Tonnage	80,000 G/T	Cruise ship	Max. ship's tonnage
Nav. aids	New harbor	Planned navigational aids	Layout plan for navigational aids

Table 3 Simulation conditions for Jeju port

Scenario No.	Wind	Current	Wave	Inbound/outbound	No. of operator	No. of trials
1	NW 20kn	090° 1.4kn	NW 3.0m	inbound	5	10
2	NW 20kn	090° 1.4kn	NW 3.0m	outbound	5	10
3	NE 20kn	265° 1.4kn	NE 3.0m	inbound	5	5
4	NE 20kn	265° 1.4kn	NE 3.0m	outbound	5	10

두에 접안한 선박이 위험 기준선이 될 수 있으며, 항구 입·출항시의 안전성을 평가할 경우에는 항로외곽선, 특정 부표 및 방파제 끝단 등이 기준선 또는 기준점이 될 수 있다.

여기서 최근접거리는 선박이 어떤 기준점 또는 기준선을 지날 때 선박과 기준점 또는 기준선과 가장 가까운 거리를 말한다.

이 연구에서는 입·출항 선박 상호간에 근접거리 평가는 제외하였다. 그 이유는 80,000G/T의 대형 크루즈선의 안전을 위해 일방 통항을 고려하였기 때문이다.

근접도 평가 항목은 다음과 같다.

가. 항로 경계의 침범 여부

나. 장애물의 최근접거리

다. 신항의 근접도

①항로경계 ②서방파제 끝단 ③동방파제 끝단 ④서방파제 ⑤인근부두

2.5.2 선박의 제어도 평가

선박의 제어도에 관해서는 특정 구역에서의 조종성능, 항만 배치 및 환경 조건에 따른 선박의 제어도를 평가하며, 평가 내

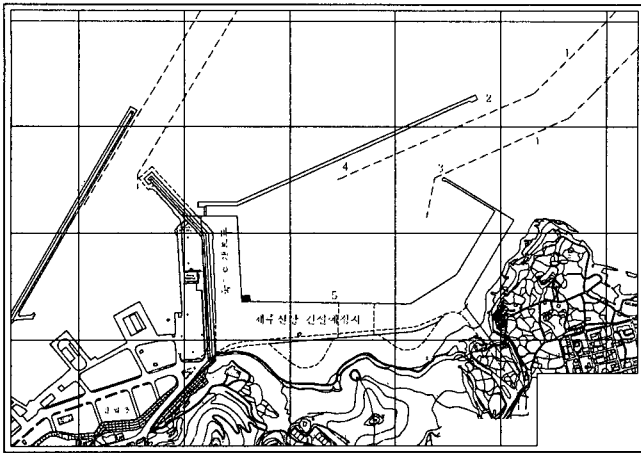


Fig. 2 Evaluation point for CPA

용으로는 선수방위의 변동량, 요오레이트(yaw rate), 타각 사용량, 기관 사용량, 선박의 속력 및 접·이안시의 소요시간 등이며, 이 평가를 통해서 최적의 선박제어 내용을 알 수 있다.

2.5.3 조종자의 주관적 평가

선박조종 시뮬레이션을 수행할 때 조종자는 지형, 항로표지, 조류, 바람 및 선박의 운동특성 등을 종합적으로 인식하고 이를 기초로 적절한 선박 제어방법을 도출한다. 이 종합 인식 및 판단은 조종자의 지각과정, 중추신경 전달과정을 거치며 피로도와 의욕도에 따라 그 결과가 달라질 수 있는 복합적인 과정이다. 따라서 여러 정보를 종합하고 이를 근거로 선박을 제어하는 형태는 조종자에 따라 다르게 나타난다. 예를 들면 조종자에 따라 선속이나 조류에 대한 지각 정도가 다르며 그에 따른 선박의 제어량도 기술과 전략에 따라 다르게 나타나게 된다.

시뮬레이션으로 선박 통항의 안전성을 평가하는데 있어서 선박의 근접도 평가나 선박의 제어도 평가와 같은 객관적 평가도 중요하지만, 선박은 조종자가 제어시스템의 내부에 포함되기 때문에 조종자가 판단하고 제어한다는 측면에서 조종자의 주관적 평가도 중요한 의미를 갖는다.

이 연구에서는 Table 4와 같은 내용의 설문지를 작성하여 조종경험이 많은 선장 출신의 연구진들이 모델선박을 직접 조종한 후 그 결과를 평가하는 방법을 택하였다.

Table 4에서 위험감은 조종자가 선박을 조종할 때 수심이 낮은 지역, 방파제와 부두 등 시설물로 인한 심적 부담감을 의미한다. 또한 선박제어의 난이도는 입·출항과 접·이안시 타의 사용빈도 및 여유제어력, 기관의 사용빈도와 사용변동량 등을 의미한다.

3. 제주신항 크루즈선 운항 안전성 평가

3.1 근접도 평가

이 평가의 주요 내용으로는 조류 및 바람 등의 외력 조건하

Table 4 The questionnaire for the ship operators

Scenario No.		Condition	
Operator name		Company	
Rank		License	
Experience			
Mental burden of operator		-3 : Very dangerous -2 : Dangerous -1 : A little danerous 0 : Intermdiate +1 : A little safe +2 : Safe +3 : Very safe	
Maneuvering difficulty of operator		-3 : Very difficult -2 : Difficult -1 : A little difficult 0 : Intermdiate +1 : A little easy +2 : Easy +3 : Very easy	
Comment			

에서 특정 해석, 특정 부두에 접·이안 및 입·출항 조종과 관련하여, 선박의 특성에 따라 개개의 조선자가 느끼는 심적 부담도와 조종의 난이도 등이다. 이 평가를 통하여 여러 가지의 환경조건에 따른 조종자의 주관적 평가를 정량화할 수 있고 또한, 시뮬레이션의 현실감에 대한 평가도 가능하다.

제주신항 서방파제 축조 후에 제주신항을 접·이안하는 크루즈선(80,000 G/T)은 장애물과의 근접거리가 여유가 있어 통항 안전성이 확보될 것으로 판단된다.

그러나 방파제를 통과할 때에 크루즈선의 풍압면적이 커 바람에 의해 심하게 압류될 뿐만 아니라, 1.4노트의 조류가 선박의 정횡으로 흐르는 조건에서는 선박과 여객의 안전을 위해 가능한 입항을 제한할 필요가 있다.

또한 선박이 바람, 조류 및 파랑을 동시에 우현 정횡에서 받는 경우에는 선박이 비록 동방파제 연장선상의 항계를 침범하지는 않았으나, 동남쪽으로 심하게 압류되어 10m의 수심을 준설한 수역에 근접하게 되므로 통항 안전을 위해 다음과 같은 조치가 필요하다고 사료된다.

- ① 항로를 직선화한다.
- ② 선박이 입항할 때 바람, 조류 및 파랑이 중첩되어 정횡에서 받는 조건을 가능한 피한다.
- ③ 수심 10m인 수역의 준설 범위를 항계밖으로 좀 더 확장하여 안전수역을 확보하거나, 측방표지를 설치하여 조종자로 하여금 위험을 충분히 인지도록 한다.

선박조종 시뮬레이터를 이용한 80,000 G/T크루즈선의 제주신항 근접도 평가 결과를 요약하면 Table 5와 같다.

Table 5 The evaluational results of CPA

Item of analysis		Inbound			Outbound		
		Scenario No. 1	Scenario No. 3	Mean	Scenario No. 2	Scenario No. 4	Mean
① The frequency of crossing fairway limit		2/10	1/5	3/15	2/10	1/10	3/20
② CPA to the end of west breakwater (m)	Min.	76	101	88.5	72	51	61.5
	Max.	165	197	181.0	190	196	193.0
	Mean	124.1	160	142.1	125.1	136.9	131.0
③ CPA to east breakwater (m)	Min.	60	78	69.0	50	65	57.5
	Max.	124	122	123.0	135	138	136.5
	Mean	80.9	92	86.5	942	104.9	99.6
④ CPA to west breakwater (m)	Min.	18	41	29.5	62	43	52.5
	Max.	93	65	79.0	100	96	98.0
	Mean	64.9	540	59.5	88.3	79.3	83.8
⑤ CPA to quay(m)	Min.	36	40	38.0	50	50	50.0
	Max.	68	71	69.5	69	90	79.5
	Mean	48.5	52.4	50.5	61.5	66.2	63.9

이 표에서 항로의 경계는 총 35회의 시뮬레이션 중 6회 침범되어 항로를 직선화하는 것이 필요하다고 판단된다. 한편, 방파제, 부두 등의 장애물과의 최소 최근접거리의 평균이 선폭의 1.5배 이상으로 분석되어 미국의 항로설계지침의 조건을 충족시키고 있다(박진수, 1998).⁴⁾ 이는 바람과 조류 모두가 선박의 정황으로 영향을 주는 가장 나쁜 조건에서 평균 최소최근접거리의 결과이기 때문에 안전하다고 판단된다.

시나리오 1, 2, 3, 4에 따른 선박조종 시뮬레이션 결과를 항적으로 나타내면 다음과 같다.

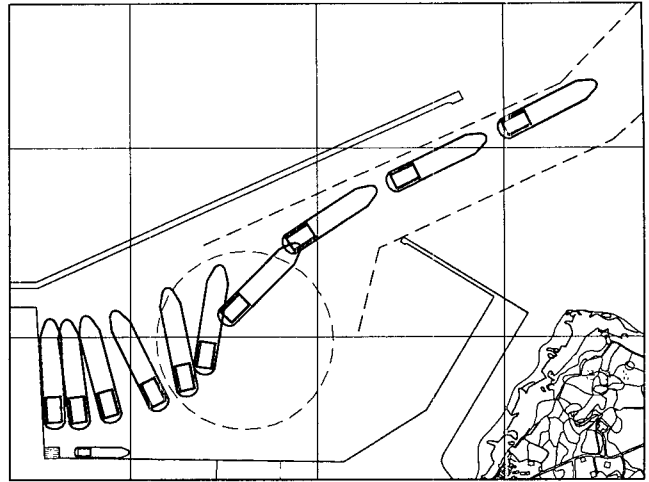


Fig. 4 Simulation result for scenario No. 2

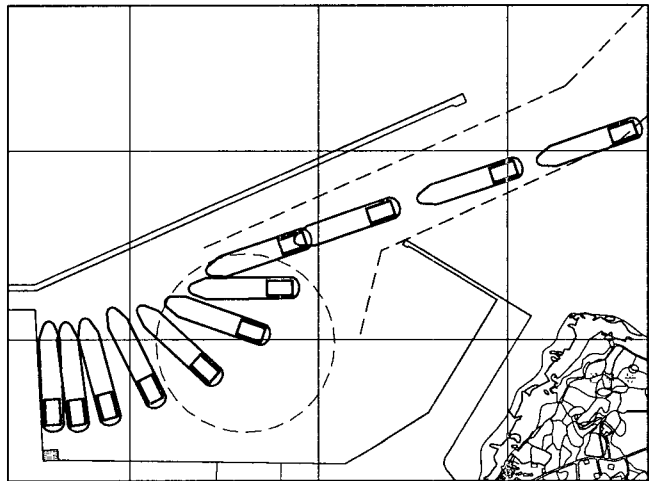


Fig. 5 Simulation result for scenario No. 3

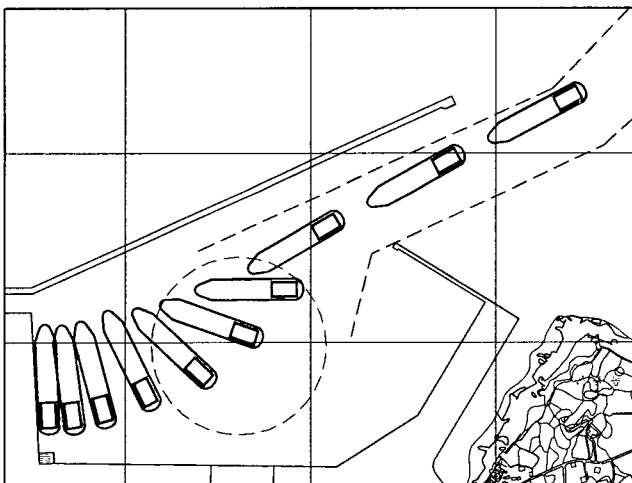


Fig. 3 Simulation result for scenario No. 1

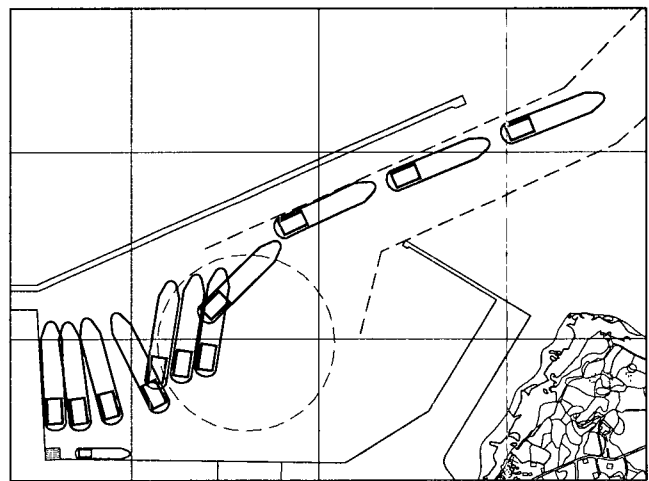


Fig. 6 Simulation result for scenario No. 4

3.2 주관적 평가

조종자의 주관적 평가를 요약하면 Table 6과 같다. 조종자가 느끼는 입항시의 위험감은 15매의 설문 중 아주 위험하다가 4회, 위험하다가 4회, 약간 위험하다가 7회로서 평균 -1.8로 조사되었고, 출항시의 위험감은 20매의 설문중 위험하다에서 안전하다가 느끼며 평균 -0.6으로 조사되었다. 따라서 조종자들은 입항시에는 위험하다고 느끼지만 출항시에는 위험하지도 안전하지도 않다고 느끼는 것으로 분석되었다.

또한 선박조종시 사용하는 타의 사용빈도와 여유제어력, 기관의 사용빈도와 사용변동량에 대한 선박제어의 난이도는 입항시 15매의 설문 9매가 약간 위험하다고 느끼는 등 대다수가 위험감을 느낀다. 그러나 출항시에는 위험하다에서 안전하다고 응답으로 평균 0.0으로 안전하지도 위험하지도 않다고 느끼는 것으로 분석되었다.

따라서 조종자가 느끼는 위험감과 선박제어의 난이도에 의해 판단할 때 바람과 조류가 중첩되는 조건에서의 입항이 위험하다고 판단하는 것으로 분석되었다.

3.3 조종자의 코멘트

조종자들이 시물레이션을 실시한 후에 제주신항 계획안에 대한 코멘트를 요약하면 다음과 같다.

- ① 항로의 직선화가 필요하다.
- ② 방파제 진입부분의 준설범위를 확장하여 충분한 안전수역의 확보가 필요하다.
- ③ 조종자가 수심 10m 지점의 끝단을 인지할 수 있도록 측방표지의 설치가 필요하다.
- ④ 방파제 진입부분의 실시간 조류정보의 제공이 요청된다.

4. 수역시설 검토

4.1 항로

제주신항의 계획항로는 서방파제 진입 300미터에서 굴곡이 되어 있다. 이로 인해 Table 5에서 알수 있듯이 총 35회의 시물레이션 중 6회 항로의 경계를 침범하였다. 또한 조종자의 코멘트에서도 항로를 직선화할 것을 요구하고 있다.

또한 항로설계의 일반적 지침에서도 다음 항목을 준토록 권고하고 있다(PIANC, 1997).⁵⁾

- ① 항로상에서의 변침은 매우 위험한 요소의 하나이므로 가급적 직선 항로가 되도록 설계하는 것이 바람직하다.
- ② 교량 등이 있거나 항로가 좁아지는 부분의 경우에는 최소한 가장 큰 통항 선박의 5L에 해당하는 직선 통항로를 경계 부분 전후에 두어야 한다.
- ③ 만곡부를 항해하는 선박의 항적폭은 직선 구간을 항해하는 경우보다 그 폭이 더 크기 때문에 만곡부에서는 항로 폭을 더 넓게 해야 한다.
- ④ 안전 항해를 확보하기 위해서는 일반적으로 항로 입구에서의 항로폭이 항로 내측의 항로폭보다 더 넓도록 하여야 한다.

제주신항의 계획항로는 서방파제 진입전의 직선 통항로가 약 1L 정도에 불과하여 진입직전에 항로상에서 변침을 해야 하기 때문에 위험하다.

따라서 제주신항의 계획항로를 Fig. 7과 같이 직선화할 것을 제안한다.

Table 6 The results of subjective evaluation

Item	Inbound · outbound	Scenarion No.	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	Min.	Max.	Mean
Mental burden of operator	Inbound	1	3	2	5	0	0	0	0	-3	-1	-1.8
		3	1	2	2	0	0	0	0	-3	-1	-1.8
		Sub. total	4	4	7	0	0	0	0	-3	-1	-1.8
	Outbound	2	0	4	3	0	2	1	0	-2	+2	-0.7
		4	0	1	4	1	1	3	0	-2	+2	+0.1
		Sub. total	0	5	7	1	3	4	0	-2	+2	-0.6
Maneuvering difficulty of operator	Inbound	1	2	2	5	1	0	0	0	-3	0	-1.5
		3	0	1	4	0	0	0	0	-2	-1	-1.2
		Sub. total	2	3	9	1	0	0	0	-3	-1	-1.3
	Outbound	2	0	2	4	2	2	1	0	-2	+2	-0.2
		4	0	1	2	3	2	2	0	-2	+2	+0.2
		Sub. total	0	3	6	5	4	3	0	-2	+2	0.0

4.2 묘박지의 이동

제주내항의 항로가 직선화함에 따라 묘박지의 위치를 Table 7의 위치로 이동해야 할 것이다.

4.3 항로표지

- 가. 제주신항에 계획 예정인 서방파제 끝단과 동방파제 끝단의 등대는 입·출항에 있어 항로표지로서 적합하다.
- 나. 제주신항의 계획항로 동방파제 앞쪽의 항로는 수심이 10미터인 수역을 준설하였기 항계밖을 벗어나면 좌초의 위험이 있다. 또한 크루즈선이 제주신항을 입항할 때 바람과 조류 및 파랑이 중첩되어 우현 정황방향에서 영향을 미치는 조건(시나리오 1)에서는 수심이 낮은 지역으로 심하게 압류되기 때문에 방파제 입구 부분의 항로는 수심 10m 수역을 준설하여 안전수역을 확보하거나, 측방표지를 설치하여 조종자로 하여금 위험을 충분히 인지토록 한다.

5. 제주항 교통통제 및 위험배제방안

5.1 제주항 교통통제 방안

- 가. 제주신항 방파제 입구의 항로폭은 150~200m로 선박이 교행하기에 위험하기 때문에 제주항만교통정보센터에서 일방통행만을 할 수 있도록 통제한다.
- 나. 제주신항 항로밖의 천수지역으로 대형 선박이 접근하지 못하도록 교통을 통제한다.

Table 7 Location of navigational aids and anchorage for the proposed fairway

		Lat.	Long.
Location of fairway	①	33°31' 53" N	126°33' 51" E
	②	33°31' 46" N	126°33' 34" E
	③	33°31' 34" N	126°33' 10" E
	④	33°31' 44" N	126°33' 51" E
	⑤	33°31' 34" N	126°33' 26" E
	⑥	33°31' 26" N	126°33' 24" E
Location of anchorage	⑦	33°32' 13" N	126°33' 32" E
Location of navigational aids	⑧	33°31' 38" N	126°33' 38" E

- 다. 입항하는 선박에 대해 정확한 기상, 해상정보를 제공한다. 특히 방파제 입구 부근에 모니터링 설비를 구축하여 기상정보와 함께 조류정보를 실시간으로 제공한다.
- 라. 바람과 조류가 중첩되어 선박의 횡방향으로 영향을 미치는 조건에서는 풍향, 풍속, 유향 및 유속을 고려하여 가능하다면 입항을 통제한다.

5.2 위험제거방안

- 가. 제주신항 항로를 직선화한다
- 나. 수심 10m인 수역의 준설 범위를 가능하다면 항계밖으로 좀 더 확장하여 안전수역을 확보하거나, 수심 10m 지점의 끝단에 측방표지를 설치하여 조종자로 하여금 위험을 충분히 인지하도록 한다.

6. 결 론

『국제자유도시 개발계획』에 따라 제주지역을 국제관광 도시로 개발하기 위하여 80,000 G/T급 크루즈선이 자유롭게 입·출항 할수 있는 항만을 건설하기로 하였다. 이 연구에서는 80,000 G/T급 크루즈선이 계획된 국제여객부두에 안전하게 입·출항 및 접·이안이 가능한지 선박조종 시뮬레이터를 이용하여 고찰하였다. 그 결과로서 제주신항을 입·출항 및 접·이안하는 크루즈선(80,000 G/T)은 이 연구의 결과에서 살펴본 바와 같이 장애물과의 근접거리에 여유가 있어 통항 안전성이 확보될 것으로 판단된다.

그러나 방파제를 통과할 때에 크루즈선의 풍압 면적이 커서 바람에 의한 압류 및 강조류가 선박의 정황으로 흐르는 조건에서는 입항을 제한하는 것이 선박과 여객의 안전을 위해 좋다고 사료된다.

또한, 선박이 바람, 조류 및 파랑을 우현 정황에서 받는 경우에는 선박이 비록 동방파제 연장 선상의 항계를 침범하지 않았으나 동남쪽으로 심하게 압류되어 10m의 수심을 준설한 수역

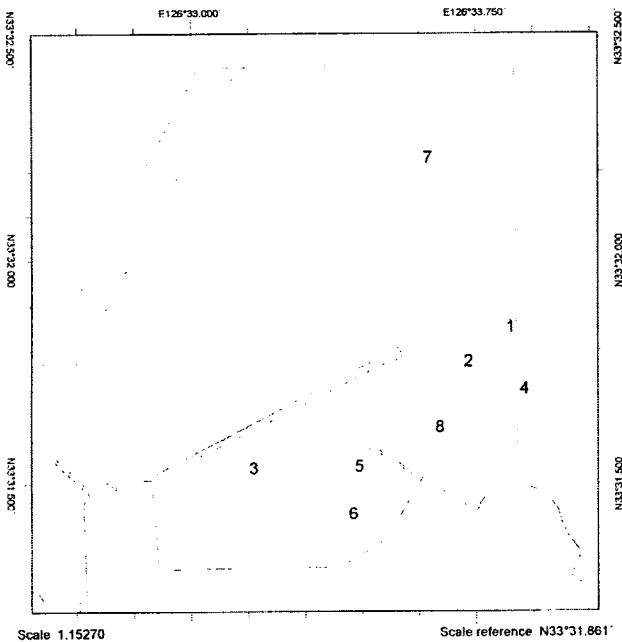


Fig. 7 Proposed design for fairway and navigational aids

에 근접하게 되므로 통항 안전을 위해 다음과 같은 조치를 제안한다.

첫째, 항로를 직선화한다.

둘째, 선박이 입항할 때 바람과 조류 및 파랑이 중첩되어 정황에서 받는 조건을 가능한 피한다.

셋째, 수심 10m 인 수역의 준설 범위를 항계밖으로 확장하여 안전수역을 확보하거나 측방표지를 설치하여 조종자로 하여금 위험을 충분히 인지토록 한다.

넷째, 안전한 운항을 위해 제주항만교통정보센터를 충분히 활용한다.

다섯째, 방파제 입구 부근의 조류정보를 실시간으로 제공한다.

참 고 문 헌

- [1] 제주지방해양수산청, 제주의항 방파제(1단계)축조 실시설계용역, 2000
- [2] (주)현대산업개발, 제주의항방파제 축조공사 대안설계 선박조종 시뮬레이션용역, 2001
- [3] Kongsbergnorcontrol, Polaris Ship's Bridge Simulator Ship Models, 2001
- [4] 박진수, 해상교통공학, 효성출판사, 1998
- [5] PIANC, PTCII Approaching Channels. A Guide for Design, Report of Working Group II-30. Supplement to Bulletin No.95. PIANC, Brussel, 1997

원고접수일 : 2002년 01월 31일

원고채택일 : 2002년 03월 18일