

대산항 항로 개선안에 관한 연구

김철승* · 임금수** · 김성철**†

* 목포해양대학교 해상운송시스템학부, ** 목포해양대학교 해상운송시스템학부 대학원

A Study on the Improvement of the "DAESAN" Harbor Fairway

Chol-Seong Kim* · Gung-Su Rim** · Sung-Cheol Kim**†

* Division of Maritime Transportation System, Mokpo National Maritime University, Mokpo, 530-729, Korea

** Graduate school, Division of Maritime Transportation System, Mokpo National Maritime University, Mokpo, 530-729, Korea

요 약 : 대산항은 석유제품운반선, 케미칼운반선, LPG·LNG운반선과 같은 위험화물운반선의 비중이 매우 높으며 석유화학 및 지방산업단지 개발계획과 연계 시해안 중부권의 거점 항만으로 개발 추진 중에 있어 향후 2020년에는 9,195척으로 2008년보다 입항 척수가 167% 정도 해상교통량이 증가 할 것으로 보인다. 본 연구에서는 대산항을 이용하는 선박의 입출항 항로 등에 대한 해상교통환경을 면밀히 분석·평가하고, 통항로 및 항행보조시설 등의 적정성 검토를 통하여 미래 지향적이고 안전한 해상교통환경을 조성하기 위한 체계적이고 종합적인 항로에 대한 개선안을 제시한다.

핵심용어 : 해상교통시스템, 해상교통조사, 해상교통류시뮬레이션, 선박조종시뮬레이션, 해양사고

Abstract : Daesan Harbor is developing under the Industrial Complex or Petrochemistry Development Plan making the port the main hub-port in the West coast. Because of this development, the traffic volume is expected to increase to 9,195 incoming vessels by 2020, an increase of 167% compared to 2008 figure. This study thoroughly analyzes and evaluates a systematic and comprehensive use of the fairway in the Daesan Harbor. It establishes a future-oriented and safe marine transportation environment upon appropriate examination of the total fairways and sailing assistance facilities.

Key Words : Marine traffic system, Marine traffic survey, Marine traffic flow simulation, Ship-handling simulation, Marine casualties

1. 서 론

국제해사기구나 국제선급협회와 같은 국제기구에서 지속적으로 선박 안전에 관한, 국내 항만 및 연안 해역에서의 규정을 제정, 개정하고 있지만 해양사고는 그다지 감소되는 경향을 보이지 않고 있다. 국내 주요 항만 및 연안 해역에 관한 해상교통환경 평가(정 등, 2005)는 최근 활발하게 진행되고 있지만 아직도 대다수의 항만 및 연안해역의 선박 통항 안전성 평가는 시행되지 않고 있는 실정이다.

대산항 인근해역의 경우 2007년 충남 태안군 만리포 북서쪽 10km 떨어진 해상에서 기상악화로 예정 항로를 이탈해 표류하던 삼성중공업 부선이 정박중인 유조선 허베이 스피리트호와 9차례나 충돌하면서 허베이 스피리트호에 저장된 원유 12,547kl가 유출되는 대형 해양오염사고가 발생했다. 이와 같이 대산항 주변 수역은 원유 등 위험물 적재 선박이 이용하는 수역으로서 해양사고 발생 시 대규모 사고로 발전할 위험이

매우 높다. 서해중부권 항만은 대부분 진입해역이 협소하고 주변에 수심이 얇은 해역이 많으며, 또한 양식장이 산재하여 있고 연안어선의 조업활동이 빈번하여 통항선박의 안전에 상당한 위해요소로 작용하고 있으며, 특히 태안반도 앞 서해중부 수역은 수도권, 충청권을 배후로 하는 인천항, 평택·당진항, 대산항 출입선박이 집중되는 해상교통의 요충지로서 연평균 7.77%의 급격한 증가를 보이고 있다.

따라서 본 연구에서는 대산항의 지정된 항로에 대한 문제점을 도출하고, 항로 등의 수역시설 확충 방안 등을 마련하여, 향후 선박이 안전하게 수역을 이용할 수 있도록 대산항 및 주변 수역에서의 해상교통환경을 개선하고자 한다.

2. 해상교통환경 평가

이 장에서는 대산항 및 인근해역을 대상해역으로 해양사고 조사, 해상교통량조사, 전문가 및 이용자의 요구사항 등에 따라 해상교통환경을 분석 평가하고자 한다.

* 대표저자 : 종신회원, cskim@mmu.ac.kr, 061-240-7442

† 교신저자 : 종신회원, sckim@mmu.ac.kr, 061-240-7452

2.1 해양사고 조사

Fig. 1은 최근 5년간(2003~2007년) 대산항 인근해역에서 발생한 주요 해양사고(충돌 및 좌초)를 통항하는 선박의 항적과 중첩하여 나타낸 것이다(중앙안전심판원, 2008).

그림에서 해양사고는 총 70건의 충돌사고와 27건의 좌초사고가 조사되었는데 대부분 육안으로부터 12해리 이내의 해역에서 발생하였으며, 역시 육안으로부터 가까운 거리인 서해영해상, 국내항만 및 진입수로에서의 해양사고 빈도가 매우 높은 것으로 분석되었다.



Fig. 1. Location of marine casualties.

Fig. 2는 연도별 해양사고로 대상해역에서 충돌사고의 경우 2005년 이후 뚜렷한 감소 추세를 보이고 있으나, 좌초사고의 경우에는 2005년에 일시적으로 낮은 사고를 기록한 것을 제외하고는 매년 일정한 수준(평균 6.25건)의 사고가 발생하고 있는 것으로 드러났다.

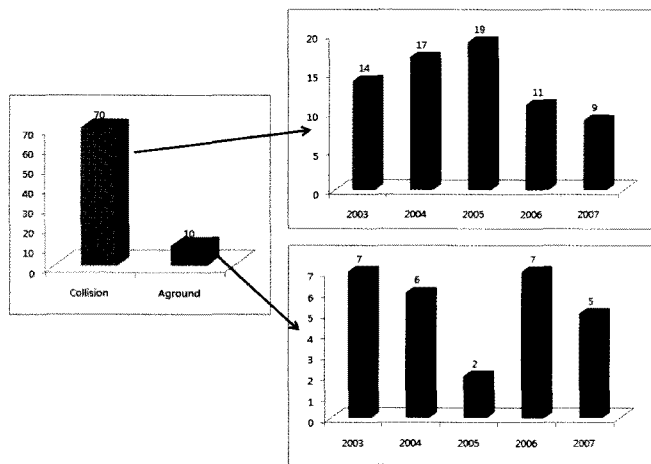


Fig. 2. Annual classification of vessel's accident in Korean mid-west sea.

Fig. 3 및 Fig. 4는 선종별·운항별 사고유형으로 어선에 의한 충돌사고 및 좌초사고의 발생건수가 가장 높은 것으로 분석되었으며, 화물선·유조선·여객선 등을 제외한 잠종선(어선·유조선·예부선·기타선 등)에 의한 해양사고가 높은 비중을 차지하여 이들 잠종선에 의한 해양사고의 예방대책이 강구되어야 할 것으로 보이며, 대부분의 충돌사고 및 좌초사고가 선박이 항해 중에 발생하여, 선박 운항자들의 항법 준수 및 운항 과실을 줄일 수 있는 대책 마련이 필요하다고 판단된다.

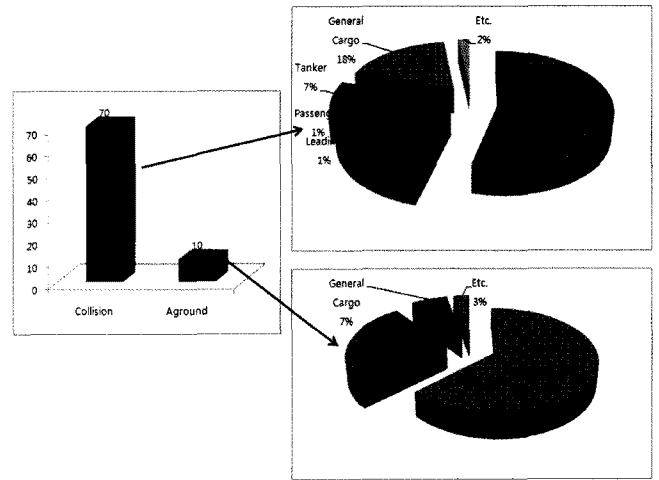


Fig. 3. Classification of vessel's types in Korean mid-west sea.

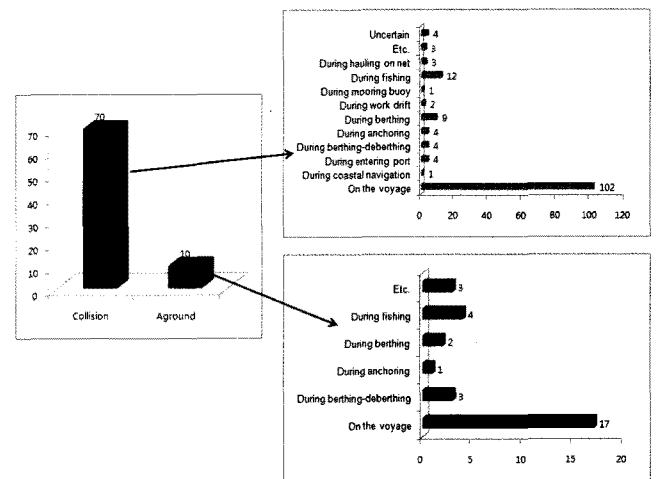


Fig. 4. Navigation classification of vessel's accident in Korean mid-west sea.

2.2 해상교통환경 조사

1) 해상교통량 조사 결과

대산항의 경우 Table 1에서 보이는 바와 같이 물동량이 급격하게 증가하고 있으며, 이에 따라 최근 5년 동안 입항 척수는 약 1,000척 정도가 증가하여 2008년도에는 5,492척에 달하고 있다(국토해양부, Port Mis).

대산항 항로 개선안에 관한 연구

Table 1. The number of vessels entering the Daesan Harbor by year

Classified by harbor	Berthing capacity	'03	'04	'05	'06	'07	'08
Total	27	4,851	5,396	5,452	5,718	6,285	6,619
Daesan Harbor	21	4,139	4,386	4,587	4,870	5,270	5,492
Boryeong Harbor	2	225	469	258	307	339	348
Taeon Harbor	2	229	294	310	259	334	373
Dangjin thermo electric power plant	2	258	247	297	282	342	406

대산항의 입항 선박을 선종별로 분류하면 Table 2에서 보이는 바와 같이 최근 5년간 석유정제품운반선(13,267척)이 가장 많은 비중을 차지하며 케미컬 운반선(6,093척), LNG·LPG 운반선(2,240척), 기타선(1,702척), 일반화물선(1,309척) 순으로 위험화물운반선의 입항비중이 높은 특징을 보이고 있다.

Table 2. Number of vessel entering the Daesan Harbor by vessel's types(2004~2008)

Kind of vessel	Total	Foreign voyage vessel			Domestic voyage vessel
		Subtotal	Korea registered	Foreign registered	
	Number of ships	Number of ships	Number of ships	Number of ships	Number of ships
Oil refined product carrier	13,267	1,979	266	1,713	11,288
Crude-oil carrier	779	428	21	407	351
Chemical carrier	6,093	3,297	1,574	1,723	2,796
Bulk carrier	610	409	86	323	201
General cargo carrier	1,309	765	273	492	544
LPG, LNG carrier	2,240	1,037	399	638	1,203
Full container ship	168	168	41	127	0
Etc.	1,702	175	173	2	1,527
Refrigerator-cold storage ship	5	5	0	5	0
Semi-container ship	5	5	4	1	0
Car carrier	1	1	1	0	0
Total	26,179	8,269	2,838	5,431	17,910

2) 해상교통흐름 조사 결과

Fig. 5는 24시간 대산해역을 통항하는 선박의 항적을 나타낸 것으로서 다음과 같은 문제점을 보이고 있다.

- ① 1항로를 이용하여 출입하는 대형선박과 제2항로를 통항하는 소형 선박들이 SBM(Single Buoy Mooring) 부근에서 교차되고 있으며, SBM에 접안하는 대형 유조선의 경우 1항로 북단에 위치한 A4 및 A5 정박지에 근접하여 접근하므로 정박중인 선박의 통항안전성에 문제가 있음을 알 수 있다.
- ② 항로가 협소하여 교행통항이 어려운 흑어도 북단 1항로에서 입출항하는 선박이 조우하는 상황이 발생하고 있으며, 이러한 상황을 피하기 위하여 출항선박이 3항로 남측항로를 이용하는 경우에는 대각도 변침과 강조류의 영향으로 A1 정박지 방향으로 압류될 위험성을 가지고 있다. 또한, 대죽산단에 계획되어 있는 선석이 완공되면, 현대오일돌핀 전면 인근해역을 통항하는 선박이 급증할 것으로 예상되므로 이 해역에 설정된 항로의 폭을 확장할 필요가 있다.
- ③ 신설되어 있는 3항로를 통하여 출입항하는 선박이 거의 없는데, 이것은 대산항 항계 밖 북단에 3항로의 연장 항로가 없고 어망 등이 다수 존재하므로 선박운항자가 동 항로를 기피하고 있는 것으로 조사되었다.

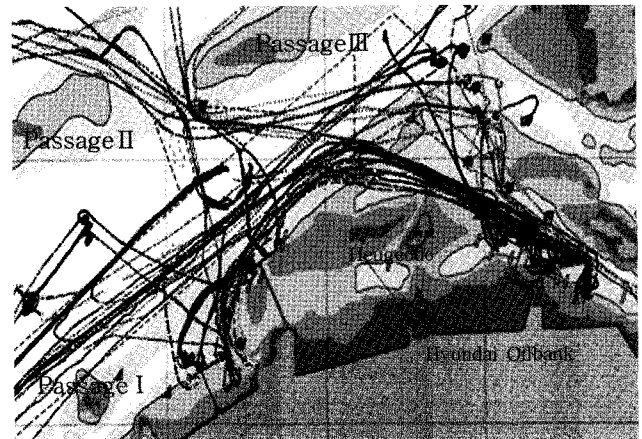


Fig. 5. Total ship's tracks navigating at Daesan Harbor in 24 hour period.

3) 해상교통혼잡도 조사 결과

대산항 출입항로에서 교통용량을 조사하여 주어진 항로 폭에 대한 해상교통 혼잡도를 평가하고자 하며, 평가 대상 항로는 1항로 입구, 2항로 서측해역과 동측해역, SBM 남단 1항로, 흑어도 북단 1항로, 현대오일돌핀 전면해역으로 6개의 항로를 설정하였다.

72시간 각 대상항로를 통항한 선박을 대상으로 시간대별 Peak time 해상교통 혼잡도를 계산한 결과, 가장 높은 해역은 흑어도 북단 1항로 및 현대오일돌핀 전면해역으로 0.9234였으며, 다른 모든 대상항로에서는 해상교통 혼잡도 허용한계 값인 1.0000 이내에 있었다.

그러나 현재 대산항은 배후권역에 있는 석유화학단지과 대

죽지방산단에서 발생하는 물동량이 급격한 증가 추세이다. 대산항의 2008년 전체 물동량 처리량은 60,994천 톤이며, 2009년 물동량 수정 예측 기초자료에(한국해양수산개발원, 2009) 따르면 2015년의 물동량 수요 예측치는 81,918천 톤이며, 2020년에는 89,823천 톤이다.

대산항의 2008년도 선박 입항 척수는 5,492척, 항만물동량은 60,994천 톤으로 1척당 분담톤은 11,106톤이며, 분담톤에 의한 증가척수에 현대오일뱅크 3번 선석의 접안능력 증설 공사(대산항 항만개발계획)로 인한 연간 증가척수 191척을 감안하여 2015년과 2020년의 대산항 연간 입항 척수를 추정하면 2015년에는 7,568척, 2020년에는 9,195척으로 2008년 보다 입항 척수가 각각 138.1%와 167.4% 정도 증가되는 것으로 계산된다.

상기의 결과를 바탕으로 2015년과 2020년의 장래해상교통 혼잡도를 계산한 결과를 Table 3에 나타내었다.

이와 같이 해상교통 혼잡도가 가장 큰 흑어도 북단 1항로와 현대오일돌핀 진입해역을 준설했고 항로 폭을 확장 하여야 하며, SBM 남단 1항로 부근 수역에서 선박 통항의 집중 현상을 완화하기 위하여 대죽산단 및 현대오일돌핀부두를 이용하는 소형 선박들이 이용 가능한 제3항로의 조정 및 확장을 강구할 필요가 있어 보인다.

Table 3. Increase of marine transportation congestion figure of Daesan Harbor fairway by year

Route	Present (After of dredge)	2015 (After of dredge)	2020 (After of dredge)
Entrance of No.1 fairway	0.5419	0.5812	0.6151
West Sea of No.2 fairway	0.3463	0.4445	0.4816
East Sea of No.2 fairway	0.3645	0.4679	0.507
No.1 fairway of SBM south	0.7555	0.8270	0.8539
No.1 fairway of Heugeodo north	0.6596	0.7532	0.7885
Sea of front Hyundai Oil	0.6156	0.7015	0.7345

3. 항로 개선안 제시

3.1 대산항 항계내 지정항로 개선안 제시

대산항 항계내 지정항로의 해상교통환경 평가에 따른 제반 문제점을 해결하기 위해서 Fig. 6과 같이 개선안을 제시한다.

항로의 개선안은 IMO의 항로지정에 관한 일반규정, 국내 항로설계지침을 준용하고, 전 세계적으로 널리 이용되고 있는 PIANC(Permanent International Association of Navigation Congresses) Rule을 참고한다.

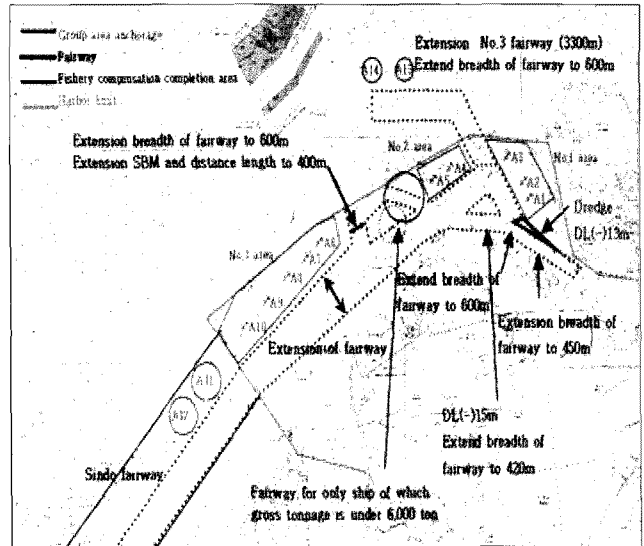


Fig. 6. The improvement of designated fairway within Daesan Harbor limit.

1) 2항로 서측해역

현행 SBM 제한구역과의 이격거리를 400 m가 되도록 항로 좌측 경계선을 서측으로 이동하며 항로 폭을 600 m로 확장하여 입출항 선박의 통항안전성을 확보한다.

상기 항로는 시택부두, 삼성도탈부두 및 항후 설치될 S-oil 부두에 진출입하는 6천 총톤 미만의 선박들의 전용 입출항 항로로 지정한다.

2) 현대오일돌핀 진입해역

No. 19~No. 23 부이 사이의 북동쪽 해역을 준설했고 현대오일돌핀부두 진입해역의 항로 폭을 400 m~600 m로 확장하여, 항후 대죽산단부두 건설에 따라 허용기준값을 초과하는 상기 항로의 해상교통혼잡도를 감소시킨다.

3) 3항로

2008년도 현대오일돌핀부두를 이용한 선박 중 6천 총톤 미만의 위험화물운반선은 1,863척으로 92.7%를 차지하고 있으며, 대죽산단 1부두 1선석을 이용한 선박은 총 117척으로서 1만2천 총톤 미만의 선박이 거의 대부분을 차지하고 있다. 또한 항후 대죽지방산단에 7선석이 건설될 예정이므로 연간 3,000여척의 선박이 상기 항로를 이용할 예정이다.

따라서 현행 항계내에 지정되어 있는 3항로를 조정하고, 이 항로와 연결되는 항계 밖의 항로를 확장하여(길이 3,300 m, 항로 폭 600 m) 현대오일돌핀부두를 이용하는 6천 총톤 미만의 위험화물운반선과 대죽산단을 이용하는 1만2천 총톤 미만의 일반화물선 전용 입출항 항로로 지정한다.

4) 흑어도 북단 1항로

제1항로 및 제2항로 동측해역 항로를 이용하여 현대오일돌핀부두와 대죽산단부두에 진출입하는 선박들은 현재 흑어도

북단 1항로를 주 항로로 사용하고 있다. 상기 항로는 항로 폭이 300m로 대형선박이 교행하기에는 협소하므로 항로상에 진입선박이 있는 경우 출항선박은 동 항로를 이용하지 못하고 A1 정박지 서측해역을 이용하여 No.6 부이에서 제1항로로 진입하기 위한 대각도 변침(약 110도 정도)을 하고 있다. 상기 항로를 이용하여 출항하는 선박들의 경우, 충분한 대수속력이 없는 상황 하에서 대각도 변침과 정횡으로 받는 조류의 영향으로 압류되어 대상해역 인근에서 좌초된 적이 있으므로 가급적 출항선박의 상기 항로 이용을 자제토록 하여야 하며, 최선의 방법으로는 향후 흑어도 북단의 저수심 해역을 준설하여 선박의 항계내 항로상에서의 대각도 변침을 방지하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

5) 2항로 동측해역

대산항 항계내를 입출항하는 선박들의 안전통항에 가장 위협요소로 지적되는 사항은 항만 중앙부에 초대형 유조선이 접·안하는 SBM이 존재하는 것이며, 이 SBM를 중심으로 지정항로상을 항행하는 선박들이 집중하며, 교차하고 있다는 것이다.

따라서 현행 2항로 동측해역에 지정된 항로는 제3항로의 조정 및 항계 밖 항로의 확장이 완료되어 통항선박의 안전성이 확보된 후에는 시택부두 및 삼성도탈돌핀부두를 이용하는 6천 총톤 미만의 선박들의 전용 항로로 지정하여 상기 해역을 이용하는 선박들을 분산시키는 것이 필요하다.

4. 항로 개선안에 대한 타당성 평가

3장에서 제안한 항로 개선안에 대하여 해상교통류시물레이션 및 선박조종시물레이션을 실시하여 그 타당성을 검증하였다.

4.1 해상교통류시물레이션에 의한 타당성 평가

Fig. 7은 현행 해상교통시스템에서 실시한 해상교통류시물레이션 결과이고, Fig. 8은 본 연구에서 제안한 해상교통시스템에 대한 해상교통류시물레이션 결과이다.

현행의 경우에 종합환경 스트레스치가 높은 지역은 2항로 동측해역, SBM 남단 1항로, 현대오일돌핀 입구 해역 등 3곳에 걸쳐 넓게 분포하였지만, 개선안의 종합환경 스트레스치는 현행안에 비해 상대적으로 낮은 것을 알 수 있다. 이것은 현대오일돌핀부두 및 대죽산단을 이용하는 선박들이 확장되는 3항로를 따라 입출항하여, 상대적으로 현행에서 종합환경 스트레스치가 높게 나온 수역의 교통량 감소 및 항로 진입에 의한 입출항 선박과의 조우가 저감되어 환경스트레스치가 낮아진 것으로 판단된다.

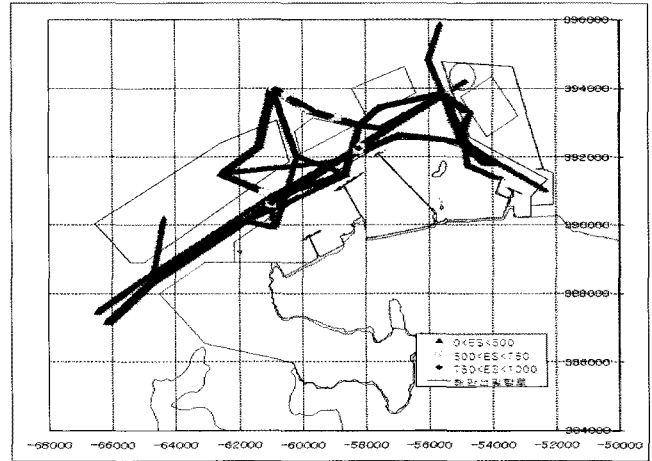


Fig. 7. The results of analysis for ship sailing within Daesan harbor limit.

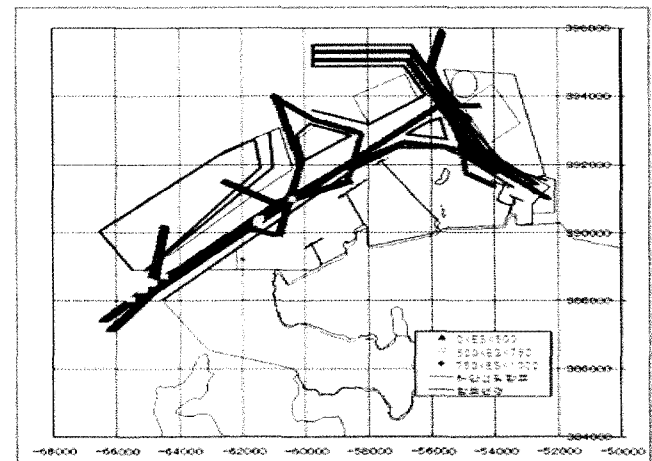


Fig. 8. The results of analysis for ship sailing within Daesan Harbor limit.

4.2 선박조종시물레이션에 의한 평가

1) 개선안에 대한 3항로 입출항 통항 안전성

① 선박조종시물레이션 조건

개선안에서 제안한 항계내 3항로를 따라 입출항하는 시물레이션의 대상선박으로 1만2천 총톤급 일반화물선을 선정하였다. 외력조건은 북서풍 26노트, 조류는 최강창조류 2.1노트, 최강낙조류 1.6노트, 파고 2.0미터로 항행에 불리한 조건들을 설정하였다. 입항선박과 출항선박은 흑어도 북단 1항로 부근 해역에서 교행토록 한다.

② 선박 운항 항적도 분석

3항로를 입·출항한 선박의 항적도를 Fig. 9에 나타내었다. 최강창조류 및 최강낙조류 모두 입·출항 선박은 항로의 우측 외연을 따라 항행 가능하였으며, 각각 변침 후에 조류 및 강풍에 의해서 항로의 좌·우측으로 압류되는 현상이 있었지만, 정침 후에 침로를 유지할 수 있었다.

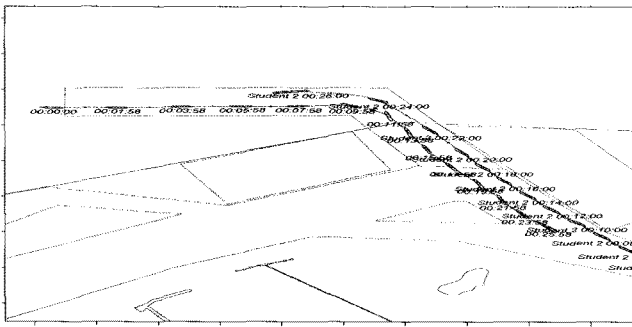


Fig. 9. Simulation result of ship's track.

③ 근접도 분석

3항로를 따라 입·출항하는 선박이 교행시에 가장 주의 하여야 할 구역은 횡방향 직각으로 조류를 받는 A1 정박지에서 3항로 항계 끝단에 존재하는 1번 부이 사이의 구역이다. 최강창조류 및 최강낙조류 모두 출항하는 선박이 흑어도 북단 1항로상에 존재하는 천소, 교행선박과의 최근접거리는 선박의 길이만큼 확보할 수 있으므로 선박의 교행 통항은 안전한 것으로 판단된다.

④ 선박의 제어도

입·출항하는 선박의 전 과정에 대한 제어도를 분석하여 Table 4에 표시하였다.

Table 4. Maneuvering characteristics

Content		Entering vessel	Leaving vessel
Rudder Angle	Average	8.62	4.35
	Deviation	10.44	8.28
	Average of square meter	183.13	87.46
Steering gear usage index	Average	4.37	2.67
	Deviation	5.4	5.41
Number of rudder use to "Steady"		8	9
Bearing of heading	Average	122.88	314.39
	Deviation	27.46	14.19
Lee way index	Average	0.1	0.05
	Deviation	0.1	0.06
Ship's trajectory	Average trajectory srea	412.5	412.5
	Maximum trajectory area	808	808
	Average trajectory breadth	176.4	176.4
R P M	Average	91.15	99.8
	Deviation	6.33	10.41
Propeller efficiency	Average	27.82	27.82
	Deviation	3.41	0.07
Ship's marginal rate of control	Average	87.52	92.38
	Deviation	15.42	15.45

조타기 사용 및 선박의 여유 제어량은 단독 입출항을 할 경우와 거의 같은 값을 가지고 있으며, 선박조종에 충분한 여유가 있음을 보였다.

⑤ 선박조종자 의견

3항로를 따라 입·출항하는 선박이 항로상에서 교행시에 모두 선체가 강풍조류에 의하여 상당히 압류되었지만, 대수속력 6 노트 이상을 유지한다면 정침 후 침로 유지에 별다른 어려움 없었다. 단, 항계 경계 구역에서의 대각도 변침시에 입·출항 선박의 교행이 발생하지 않도록 하는 의견을 제시하였다.

5. 결론

본 연구에서는 대산항의 자연환경, 해양사고, 항만교통정보센터의 3일간의 데이터를 이용하여 해상교통량 및 해상교통흐름 관측 조사 및 해상교통혼잡도 평가 등을 통하여 다음과 같이 제안하였으며, 해상교통류 및 선박조종시물레이션을 통하여 그 타당성을 입증하였다. 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 제 2항로 서측해역은 항로 좌측 경계선을 서측으로 항로 폭 600m로 확장하고 제 3항로는 항로와 연결되는 항계 밖의 항로를 확장하여 현대오일돌핀부두를 이용하는 6천 총톤 미만의 위험화물운반선과 대죽산단을 이용하는 1만2천 총톤 미만의 일반화물선 전용 입출항 항로로 지정한 결과, 항계내 통항선박의 안전성이 크게 개선되는 것으로 나타났다.
- 2) 현대오일돌핀 진입해역의 북동쪽 해역 및 흑어도 북단의 저수심 해역을 준설 확장하면 향후 대죽산단부두 건설 등에 따른 해상교통량 증가에 대하여 충분한 항로의 해상교통용량을 가질 수 있으며, 이와 더불어 항계내 항로상에서의 대각도 변침 등을 방지할 수 있으므로 통항안전성에 지대한 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구에서는 대산항 항계내 항로에 대한 개선안을 제시 하였지만, 향후 대산항 연근해역 및 정박지 등에 대해서도 심도 있는 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다.

참고 문헌

- [1] 국토해양부, 해양안전종합정보센터, Port-MIS 내부자료, pp. 1-200.
- [2] 대산항 항만개발 계획(2008), 대산지방항만청, pp. 1-5.
- [3] 정중식, 정재용, 김철승(2005), 광양항의 항로설정에 관한 연구, 해양환경학회지, 제11권, 제2호, pp. 9-17.
- [4] 정재용, 김철승, 박성현(2005), 목포항의 해상교통시스템 설정에 관한 연구, 해양환경학회지, 제11권, 제2호, pp. 1-8.
- [5] 중앙해양안전심판원(2003-2007), 해양안전심판재결서, pp. 601-665.
- [6] 한국해양수산개발원(2009), "2009년 수정예측 기초자료", pp. 4-6.

원고접수일 : 2011년 05월 13일
 원고수정일 : 2011년 05월 30일 (1차)
 : 2011년 06월 17일 (2차)
 게재확정일 : 2011년 06월 23일