

감천항의 장래 교통량 추정 및 교차상태위험 분석

김정훈* · 국승기** · 김민철***

*한국해양대학교 해사산업연구소, **한국해양대학교 해양경찰학과 교수, ***해양수산부

Estimation on the Future Traffic Volumes and Analysis on Crossing Situation Risk for Gamcheon Harbor

Jung-Hoon Kim* · Seung-Gi Gug** · Min-Cheol Kim***

* Research Institute of Maritime Industry, Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

** Department of Maritime Police Science, Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

*** Ministry of Maritime Affairs and Fisheries

요약 : 감천항은 부산항의 늘어나는 화물 수요에 대처하고 북항의 기능을 보완하기 위해 개발되었다. 일반부두뿐만 아니라 1997년에는 컨테이너 부두가 개장되어 현재 최대 50,000DWT급 컨테이너 선박이 입·출항 하고 있다. 그러나 감천항은 어선, 잡종선 등 소형선박들의 입·출항의 비중이 50%에 가깝고, 동부두 방면에 건설 중인 공영 수산도매시장이 2008년에 개장할 예정이다. 따라서 감천항의 항만관계 운영계획을 설정하기에 앞서 입·출항하는 선박의 장래 연간교통량을 파악하는 것이 필요하다. 또한 감천항은 방파제 입구가 협소하며, 방파제 전방에서 선박이 통항할 때 교차상태가 상존함으로써 해상충돌사고의 위험이 높아 이에 대한 교차상태위험 분석이 요구되고 있다. 따라서 본 연구에서는 감천항의 장래 교통량을 추정하고, 시뮬레이션을 통해 통항위험에 대한 정량적인 분석을 수행하였다.

핵심용어 : 감천항, 연간교통량, 교차상태위험, 회귀분석, 가중산술평균, 시뮬레이션

Abstract : Gamcheon Harbor was developed to cope with increased freight demand of Busan port and supplement function of the north port. Because container wharf is opened to 1997 as well as general wharf, present maximum 50,000DWT class containerships have been incoming and outgoing. However, In Gamcheon port, small size ships such as fishing boats, miscellaneous boats account for 50 percent of the traffic and a public marine products wholesale market that is building on the north wharf will open in 2008. Therefore, it needs to grasp future year traffic volume before establishing operation plan for port management. Also, analysis on crossing situation risk is required because the breakwater entrance in Gamcheon Harbor is narrow and the crossed passing of ship is ever-present at breakwater front. Thus the traffic volume in the future was presumed and quantitative analysis was achieved on crossing situation though simulations with the traffic volume.

Key words : Gamcheon harbor, Year traffic volumes, Crossing situation risk, Regression analysis, Weighted average, Simulation

1. 서론

감천항은 1978년 감천항 개발 기본계획에 따라 북항의 보조항으로서의 기능을 수행하고 있다. 이는 부산항의 늘어나는 화물 수요에 대처하고 부산 북항의 기능을 보완하기 위해 개발되었다. 현재 일반부두에는 원양어선부두, 연안잡화부두, 시멘트부두, 선박수리조선소 등이 있으며 연간 약 1,200만톤의 화물이 처리되고 있다. 또한 컨테이너부두는 (주)한진해운이 직접 매립 축조하여 1997년에 개장하였다. 이 컨테이너부두에는 최대 50,000DWT급 컨테이너 선박이 입·출항 하고 있다.

그러나 다목적 항만인 감천항은 어선, 잡종선 등 소형선박들의 입·출항의 비중이 50%에 가깝다. 더불어 현재 감천항의 동부두 방면에 건설 중인 공영 수산도매시장이 2008년에 개장할 예정이다. 따라서 감천항의 항만관계 운영계획을 설정

하기에 앞서 입·출항하는 선박의 장래 연간교통량을 파악하는 것이 필요하다. 또한 감천항은 방파제 입구가 협소하고, 방파제 전방에서 선박이 통항할 때 교차상태가 빈번하게 발생하는 특성이 있다. 이로써 해상충돌사고의 위험이 높아 이에 대한 교차상태위험 대한 분석이 요구되고 있다.

따라서 본 연구에서는 감천항의 장래 연간 입·출항 교통량을 2010년까지 추정하였다. 그리고 선박발생분포를 근거로 시뮬레이션 하여 통항의 교차상태위험에 대한 정량적인 분석을 수행하였다.

2. 장래 연간교통량 추정

2.1 과거의 연간교통량

감천항을 입·출항하는 선박에 대한 통계는 현재 부산항만

* 대표저자 : 김정훈(정희원), jf1999@paran.com 051)410-4102

** 종신회원, cooksg@mail.hhu.ac.kr 051)410-4227

*** kimmc561@paran.com 051)609-6545

공사의 항만운영 정보시스템(PORT-MIS)정보와 감천해양경찰출장소의 정보를 통해 산출할 수 있었다. 부산항만공사에서는 어선을 제외한 모든 선박의 입·출항신고를 토대로 통계자료를 정리하고 있다. 그리고 감천 해양경찰출장소에서는 입·출항하는 어선의 신고를 토대로 어선의 교통량 자료를 구축하고 있다. 100톤 이상의 선박의 경우에는 부산항만공사의 PORT-MIS정보에 근거하였다. 감천항을 입·출항하는 100톤 미만의 선박의 수는 PORT-MIS정보의 해당 선박척수와 감천 해양경찰출장소의 신고된 어선척수를 합산하였다.

본 연구에서는 어선을 포함한 100톤 미만의 소형선박과 100톤 이상의 선박으로 나뉘어 연간 교통량을 추정하였다. 이는 선종의 구분없이 상대적으로 자료가 불충분한 어선을 포함한 소형선박과 그 외의 중·대형 선박을 구분하여 각각 추정하기 위해서이다.

1) 100톤 이상의 선박 연간교통량

1996년 이후부터 100톤 이상인 선박의 연간교통량은 Fig. 1과 같다. 100톤 이상 선박의 연간교통량은 감천항을 입·출항한 교통량으로서 연간 입항선박수를 단순히 2배로 산출하여 산정하였다. 이는 1996년에 약 8,218척이었으나 꾸준히 증가하여 2002년도에는 약 15,480척이 되었다. 그러나 이후 약간의 감소추세를 보이며 2005년에는 약 14,674척이 감천항을 입·출항하였다.

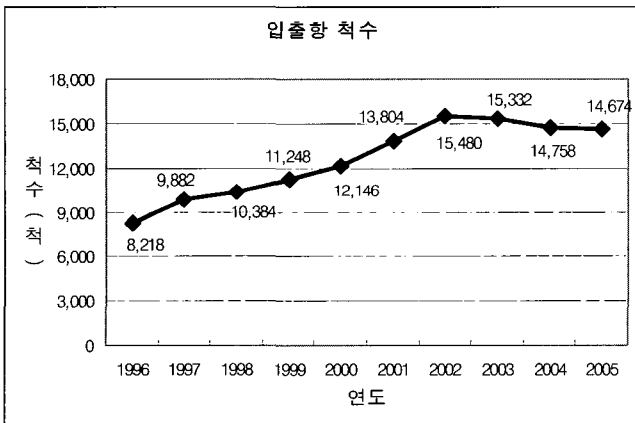


Fig. 1 Estimation of the number of incoming and outgoing ships more than 100 ton

2) 100톤 미만의 선박 연간교통량

100톤 미만 선박의 연간교통량은 Table 1과 같이 PORT-MIS정보의 해당 선박척수와 감천 해양경찰출장소의 신고된 어선척수를 합산하여 산출하였다. 감천항에 등록되어 있는 어선의 척수는 2001년 31척에서 2005년 35척으로 확인되었다. 100톤 미만의 소형선박의 전체적인 입·출항 교통량은 2001년 약 17,940척이었으며 2002년도에 약 19,746척까지 많아지다가 이후 감소를 보였다. 그러나 2005년에는 16,379척으로 소형선박의 수가 증가하였다.

Table 1 Incoming and outgoing ships less than 100 ton in Gamcheon harbor

구분		2001	2002	2003	2004	2005
입·출항척수	합계	17,940	19,746	17,412	13,898	16,379
	PORT-MIS	598	1,506	1,450	2,236	2,694
	감천 해양경찰출장소	17,342	18,240	15,962	11,662	13,685

(unit: ship)

2.2 장래의 연간교통량

장래의 연간교통량은 100톤 이상의 선박과 100톤 미만의 소형선박을 구분하여 각각 회귀모형구축 및 가중산술평균을 통하여 추정한 후에 이를 합산하여 산정하였다.

1) 100톤 이상의 선박 연간교통량 추정

100톤 이상의 선박은 1996년부터 2005년까지의 감천항을 입·출항한 선박척수를 토대로 회귀모형을 구축하였다. 추정에 사용된 회귀모형은 Table 2와 같이 선형모형, 대수모형, 2차모형, 로지스틱모형 등 다수의 모형을 적합 시켜서 설명력이 높으면서도 가장 개연성 있는 모형으로 선정되었다. 최종적으로 선택된 모형은 로지스틱모형으로서 상한값 즉 100톤 이상의 최대 입·출항선박의 수를 17,000척으로 설정하였다. 비록 로지스틱모형은 다른 모형에 비하여 설명력(R²)이 0.835로 낮으나 감천항의 운영환경을 고려할 때, Fig. 2를 보면 향후 5년간의 추정 교통량으로서 적합할 것으로 판단되었다.

Table 2 Regression models estimated

회귀모형	모형식	계수값			결정계수
		α	β	γ	
선형모형	$y = \alpha + \beta x$	8214.9	795.9	-	0.875
대수모형	$y = \alpha + \beta \ln(x)$	7549	3339.2	-	0.903
2차모형	$y = \alpha + \beta x + \gamma x^2$	6292.6	1757.1	-87.4	0.943
로지스틱모형	$y = 1 / (1 / 17,000 + (\alpha \beta^x))$	7.3E-5	0.7734	-	0.835

주) y: 추정 연간 선박교통량(100톤 이상 선박)

x: 1996년=1, 1997년=2, ..., 2010년=15

또한 2008년에 개장예정인 감천항 공영수산 도매시장으로 인해 발생할 수 있는 선박척수를 고려하였다. 수산시장의 접안시설은 2만톤급 2개 선석의 규모로서 목표 취급량은 연근해 어획물, 원양 어획물, 수입수산물 등을 포함하여 약 632,984톤(부, 2000)으로서 주요 운반선박을 2,000~5,000톤급으로 설정하였을 때, 약 300~500척 가량이 감천항에 추가적으로 입항할 것으로 추산되었다.

Table 3과 같이 100톤 이상 선박의 연간교통량은 기존

입·출항 선박척수의 추세에 수산도매시장의 개장으로 발생될 입·출항교통량을 연간 평균 800척으로 예상하여 포함시킨다면 2010년에는 대략 16,414척으로 예상되었다.

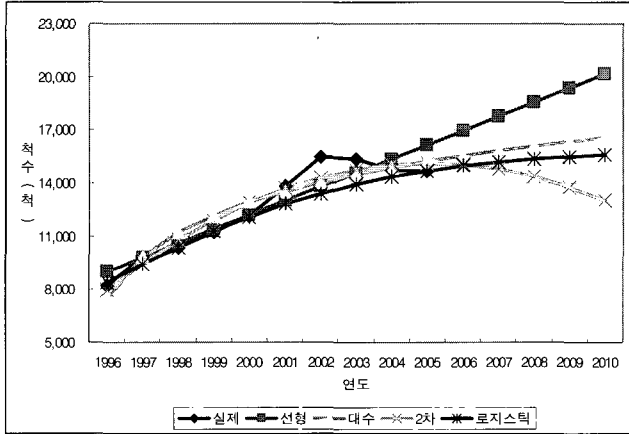


Fig. 2 Estimations of the annual traffic volumes model of ships more than 100 ton

Table 3 The estimation on the annual traffic volumes model of ships more than 100 ton

연도	실제 교통량	모형 교통량	수산시장 교통량	예상 총 교통량
1996	8,218	8,406		
1997	9,882	9,419		
1998	10,384	10,387		
1999	11,248	11,284		
2000	12,146	12,092		
2001	13,804	12,800		
2002	15,480	13,408		
2003	15,332	13,919		
2004	14,758	14,342		
2005	14,674	14,687		
2006		14,965	0	14,965
2007		15,188	0	15,188
2008		15,364	800	16,164
2009		15,504	800	16,304
2010		15,614	800	16,414

2) 100톤 미만의 소형선박 연간교통량 추정

100톤 미만의 선박은 Table 4와 같이 2001년부터 2005년까지의 감천항을 입·출항한 선박척수를 토대로 가중평균을 이용하여 산출되었다. 이는 실제 이 기간 동안에 소형선박의 전체적인 추세가 특정한 증가나 감소를 보이지 않아 회귀모형 등의 구축이 어렵기 때문이다. 최근 2005년 자료에 가중치 5를 적용하고 이와 같이 순차적으로 하여 최종 2001년 자료에 가중치 1을 적용하였다. 따라서 100톤 미만의 향후 입·출항 선박의 수는 16,477척으로 산정되었다.

3) 감천항 입·출항 선박의 연간교통량

장래의 감천항 이용 연간 선박교통량을 100톤 이상의 선박과 100톤 미만의 소형선박으로 구분하여 추정할 결과는 Table 5와 같다. 2006년 31,442척 그리고 2010년 32,091척이 감천항을 입·출항할 것으로 예상되었다. 또한 100톤 미만의 선박과 100톤 이상의 비율은 2006년 약 52.4%대 47.6%, 2010년 약 51.3%대 48.7%로 100톤 미만의 소형선박이 지속하여 상회할 것으로 나타났다.

Table 4 The estimation on year traffic volumes model of ships less than 100 ton

연도	실제 교통량(척)	추정 교통량(척)
2001	17,940	-
2002	19,746	-
2003	17,412	-
2004	13,898	-
2005	16,379	-
2006~2010	-	16,477

Table 5 The estimation on the annual traffic volumes for Gamcheon harbor

구분	연도	100톤 미만	100톤 이상	합계
실제 교통량 (척)	1996	-	8,218	-
	1997	-	9,882	-
	1998	-	10,384	-
	1999	-	11,248	-
	2000	-	12,146	-
	2001	17,940	13,804	31,744
	2002	19,746	15,480	35,226
	2003	17,412	15,332	32,744
	2004	13,898	14,758	28,656
	2005	16,379	14,674	31,053
추정 교통량 (척)	2006	16,477	14,965	31,442
	2007	16,477	15,188	31,665
	2008	16,477	15,364	31,841
	2009	16,477	15,504	31,981
	2010	16,477	15,614	32,091

3. 교차상태위험 분석

감천항 주변 해역에서 선박통항에 영향을 줄 수 있는 해상 교통요소는 감천항 항로를 횡단하여 두도와 당강말 사이를 지나는 횡단선박과 감천항 항계 내에서 두도 외해로 횡단하는 횡단선박, 그리고 입·출항시에 항로상에서 상호교차 통항하는 선박 등이 있다(김과 국, 2006). 그러나 이중에서 입·출항시에 방파제 입구수역에서 선박이 서로 진로를 교차하여 충돌

하는 위험이 높은 교차상태(이, 2004)에 노출되어 있는 것으로 판단하여 이를 중심으로 교차상태위험 분석을 하였다. 이는 통항 우선순위의 준수율이 낮은 어선 등 소형선박의 비중이 50%이상인 상황에서 선박간 교차상태에 있는 경우에는 대부분 소형선박이 연루된다고 가정하였기 때문이다.

3.1 교차상태 위험영역

감천항 입구에서 교차상태가 발생하는 구역은 Fig. 3과 같이 감천항 입구직전의 반경 약 300m의 수역으로 설정하였다. 이는 선박이 6~10Knots의 통항속도에서 2분미만의 시간 안에 상대선박과 교차상태가 발생될 수 있는 영역범위로 판단하였기 때문이다. 교차상태 위험영역의 중심점의 경위도는 N 35° 03' 13", E 129° 01' 07" 이다.

해상교통조사 결과분석에서 도출된 감천항 입구직전의 선박에 대한 주요 교차상태 상황을 도시하면 Fig. 4~Fig. 9와 같이 6가지의 경우가 있다. 이는 좁은 감천항 입구부근을 통항하기 위해 발생하는 교차상태의 상황으로서 충돌 및 충돌회피기동 등 위험이 잠재되어 있다. 반면에 두도 외해의 횡단선박은 주로 주간에 통항하며 시거가 양호한 넓은 수역에서 감천항을 입·출항하는 선박과 교차상태이므로 상대적으로 위험이 낮다고 판단되었다.

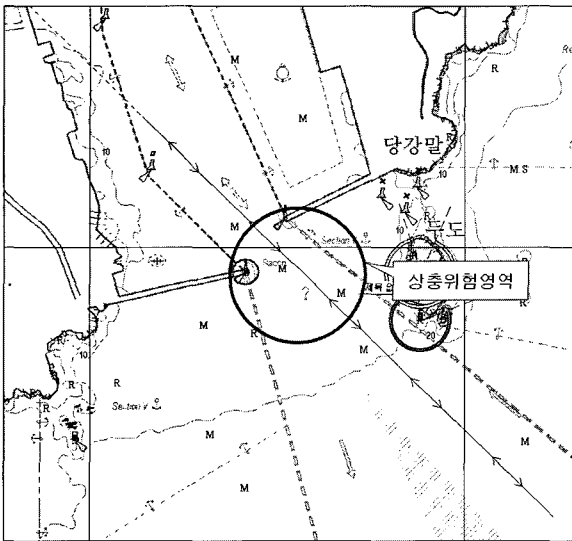


Fig. 3 Crossing situation risk area

3.2 통항위험 시뮬레이션

1) 항적별 선박교통량

먼저 6가지의 교차상태상황을 분석하기 위해 관측시간별로 교차상태위험영역으로 설정된 구역을 통과하는 각 항적의 오전 및 오후의 첨두시간대에 대한 시간교통량은 Table 6과 같다. 각 항적의 설명은 다음과 같다.

- A항적: 지정항로 이용 입항선박
- B항적: 지정항로이용 출항선박

- C항적: 두도-당강말 사이에서 입항선박
- D항적: 두도-당강말 사이로 출항선박
- E항적: 두도-당강말 사이의 횡단선박

이에 대한 각각의 시간별 교통발생량에 대한 분포를 검정하고, 검정된 분포의 85백분위수의 값을 적용하여 상대적으로 교통량이 많은 시간대인 오전(07:00~11:00) 및 오후(13:00~17:00)의 첨두시간대(김과 국, 2006)에 대한 교차상태 위험확률을 시뮬레이션으로 산출하였다.

2) 선박발생분포 결정

각 교차상태상황의 선박발생빈도에 대한 분포를 결정을 하기 위해서 비모수 검정을 적용하였다. 비모수 검정은 모집단의 분포에 특정분포를 가정하지 않아 관측값이 어떤 분포를 따르는 경우에도 적용할 수 있는 추론방법을 제공한다(정·최, 2001). 따라서 비모수 검정은 표본의 크기가 작은 경우에 적합한 검정법으로서 여기에서는 K-S(Kolmogorov-Smirnov) 검정을 실시하였다. K-S검정은 하나의 모집단에서 뽑혀진 확률표본의 분포가 어떤 특정한 분포형태를 따르는지 알아보는 적합도 검정의 일종이다. K-S검정을 한 결과 선박의 시간당 발생빈도는 Table 7에서와 같이 유의확률이 유의수준(0.05)과 비교하였을 때 크므로 포아송 분포를 따른다고 추정할 수 있어서 포아송 분포로 가정되었다.

Table 6 Traffic volumes for peak periods by tracks

(unit: ship)

구분	시간대	A항적	B항적	C항적	D항적	E항적
1일	13:00-14:00	0	4	1	3	2
	14:00-15:00	2	2	4	2	5
	15:00-16:00	2	1	1	3	1
	16:00-17:00	4	1	3	3	4
2일	07:00-08:00	4	2	3	7	0
	08:00-09:00	6	5	0	2	0
	09:00-10:00	1	2	0	5	1
	10:00-11:00	0	0	4	1	4
	13:00-14:00	6	3	4	3	3
	14:00-15:00	3	1	2	3	0
	15:00-16:00	6	3	2	1	2
	16:00-17:00	2	0	0	1	0
3일	07:00-08:00	2	2	0	2	1
	08:00-09:00	6	1	0	0	1
	09:00-10:00	3	1	3	2	1
	10:00-11:00	1	3	3	1	0
	13:00-14:00	1	1	0	2	0
	14:00-15:00	3	2	1	1	1
	15:00-16:00	1	1	0	2	0
	16:00-17:00	1	0	1	2	0
4일	07:00-08:00	1	2	0	0	0
	08:00-09:00	1	1	0	1	0

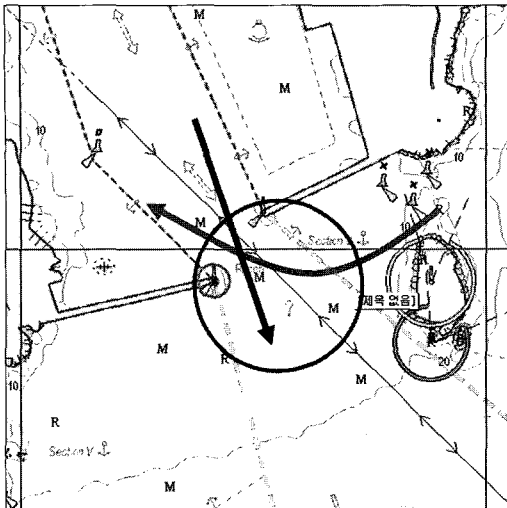


Fig. 4 Crossing situation scenario A

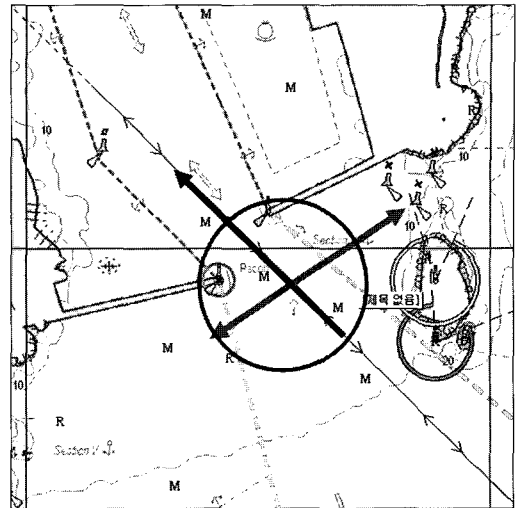


Fig. 7 Crossing situation scenario D

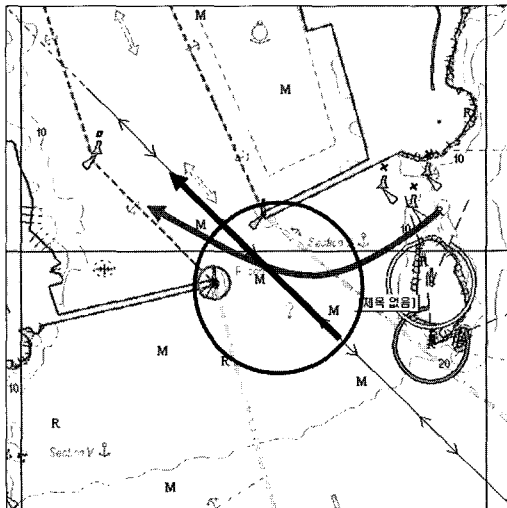


Fig. 5 Crossing situation scenario B

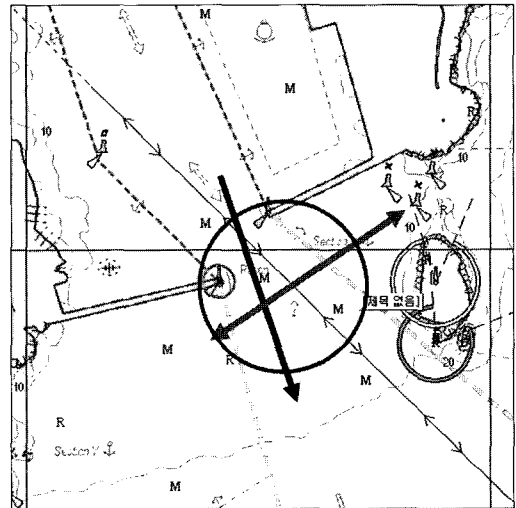


Fig. 8 Crossing situation scenario E

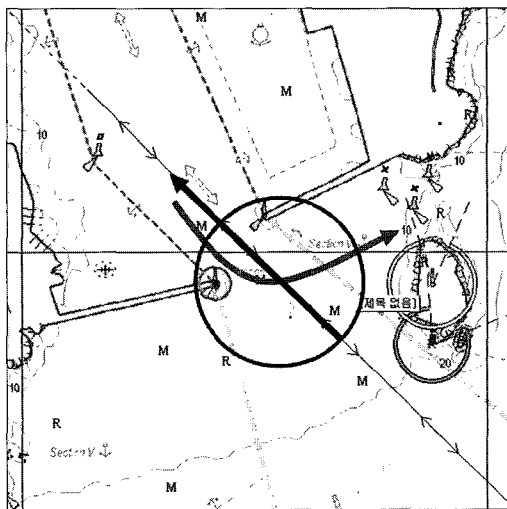


Fig. 6 Crossing situation scenario C

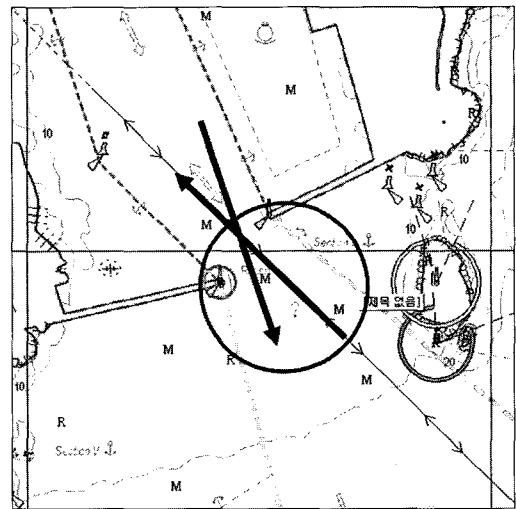


Fig. 9 Crossing situation scenario F

3) 시물레이션의 수행

교차상태 위험영역에서의 위험확률은 통항량이 상대적으로 많은 오전 및 오후 첨두시간대를 대상으로 구하였다. 첨두시간대의 시간당 발생척수는 포아송분포의 85백분위수를 사용하였으며, 선박의 수를 정수화하기 위해 올림 처리하였다. Table 8과 같이 항로본선에서 입항하는 선박은 시간당 4척, 항로본선으로 출항하는 선박은 시간당 3척, 두도-당강말 사이를 지나 입항하는 선박은 3척, 두도-당강말 사이로 출항하는 선박은 4척, 감천항 입구 직전을 횡단하는 선박은 방향에 상관없이 2척으로 산정되었다.

Table 7 The result of K-S test

구분	본선 입항	본선 출항	두도~당강말 입항	두도~당강말 출항	직전 횡단
표본수	22	22	22	22	22
포아송 모수 (평균)	2.5455	1.9545	1.4545	2.1364	1.1818
Kolmogorov-Smirnov의 Z	0.641	0.238	0.824	0.363	0.693
근사 유의확률 (양측)	0.806	1.000	0.506	0.999	0.722

Table 8 The number of ships occurred per hour in peak periods

구분	본선 입항	본선 출항	두도~당강말 입항	두도~당강말 출항	직전 횡단
시간 최대 (척)	6	5	4	7	5
85백분위수 (척)	4	3	3	4	2

4) 시물레이션 결과

시물레이션은 각 교차상태가 발생할 수 있는 상황에서 선박의 수에 대해 난수를 발생시켜 총 300회 수행되었다. Table 9와 같이 수행결과 4.9%의 교차상태 가능확률이 산출되었다. 이는 감천항 입구의 반경 약 300m안에서 선박 상호간에 교차상태가 발생하는 확률이다. 시물레이션 결과 선박이 오전 및 오후 첨두시간대에 입·출항하는 20척 중에 적어도 한 척은 감천항 입구에서 다른 선박과의 교차상태에 있을 수 있음을 알 수 있었다.

Table 9 Probability of crossing situation on the crossing situation risk area

교차상태조건	교차상태확률(%)
교차상태위험영역에서 2척 이상이 2분미만으로 상호간 교차상태인 경우	4.9

따라서 감천항은 항입구 수역에서 통항할 때, 다수의 교차상태로 인하여 오전 및 오후 첨두시간대에 선박충돌 사고나 충돌회피 등의 돌발상황이 발생할 수 있는 위험이 높으므로 선박운항자의 주의뿐만 아니라 적극적인 관제가 필요한 것으로 판단되었다. 특히 두도와 당강말 사이에서 입·출항하거나 횡단하는 선박의 존재는 통항의 안전성을 크게 떨어뜨리고 있다. 또한 향후 감천항의 동측부두에 수산물센터가 가동되면 선박의 수가 더욱 증가할 수 있으므로 이에 대한 해상교통 안전관리가 필요할 것으로 판단되었다.

4. 결 론

본 연구에서는 감천항의 장래 교통량을 추정하고, 교차상태에 대한 선박발생 시물레이션을 하여 통항위험에 대한 정량적인 분석을 수행하였다.

장래 감천항에 입·출항하는 연간 선박교통량을 100톤 이상의 선박과 100톤 미만의 소형선박으로 구분하여 추정한 결과 2006년 31,442척, 2010년 32,091척으로 예상되었다. 또한 100톤 미만의 선박이 약 51%이상으로 100톤 이상의 선박보다 약간 비중이 높을 것으로 예측되었다. 소형선박에 대한 적극적인 관제가 필요할 것으로 판단되었다.

교차상태위험을 분석하기 위해 방파제 입구수역에 반경 약 300m의 교차상태 위험영역을 설정하였다. 선박이 서로 진로를 교차하여 2분 내에 교차상태가 발생할 수 있는 확률을 시물레이션 하여 계량적인 위험정도가 제시되었다. 감천항을 입·출항하는 선박이 이 위험영역에서 오전 및 오후 첨두시간대의 교차상태 가능확률은 4.9%로 나타났다.

본 연구는 향후 교차상태위험에 대한 미시적인 분석이 필요하며, 교차상태가 빈번하게 발생하는 다른 수역의 교차상태 위험에 대한 상대적 비교 등을 통한 확장연구가 필요할 것으로 판단되었다. 또한 공영 수산도매시장으로 인해 유발되는 선박교통량과 연중 교통량의 자료를 통한 계절 및 월별 교통량 변동에 대한 분석이 필요하다.

참 고 문 헌

[1] 김정훈, 국승기(2006), “감천항 해역에 대한 해상교통특성 분석”, 한국항해항만학회지, 제 30권 5호, pp. 397~404.
 [2] 부산시(2000), “감천항 공영수산 도매시장 건설사업 기본 설계 종합보고서”, 부산시.
 [3] 이윤철(2004), “해상교통법론”, 효성출판사.
 [4] 정중영, 최이규(2001), “SPSSWIN을 이용한 통계분석”, 무역경영사.

원고접수일 : 2006년 7월 10일
 원고채택일 : 2006년 11월 16일