



포항 도로교 건설에 따른 주경간장 결정에 관한 연구

김종관 · 이윤석*

한국해양수산연수원(교수) · *한국해양대학교(교수)

A Study on the Determination of Main Span Length in the Construction of Pohang Highway Bridge

Jong-Kwan KIM · Yun-Sok LEE*

Korea Institute of Maritime and Fisheries Technology(professor) · *Korea Maritime and Ocean University(professor)

Abstract

The construction of domestic Sea-crossing bridge such water bridge and highway bridge as s is becoming more active, and there is a close relationship with the safety traffic of vessels in the vicinity of the passage or waterway where the passage of the vessel is frequent. Especially, the main span length of bridge is necessary to consider due to determine the ship's navigable water area and a risk of collision with the main bridge. Studies on the determination of the Main Span Length of maritime bridge across large harbors have been actively, but those of water bridge and highway bridge are insufficient. Therefore, safety was examined based on the largest vessel which is expected to pass a harbors when constructing water bridges and highway bridges. It is not appropriated to apply such uniform criteria which do not reflect traffic characteristics of designated port, this study presents a new standard for those bridges. First, a traffic survey was conducted for Pohang Port, which is scheduled to be constructed for highway bridge. Based on the results of the traffic survey, the characteristics of traffic of the ship in the area were derived. In the subject area, the ship's traffic showed normal distribution characteristics, and the probability of collision and the probability of passing were calculated using the cumulative probability distribution function of the normal distribution. Based on the results of the calculations, we determined the proper main span length and comparison standard of domestic and international. As a result of comparison, it has been shown that it meets some criteria and it will be a decision - making method for the main span length considering the operational characteristics of the ship in the future. It is necessary to consider the operation patterns of various harbors in the future.

Key words : Sea-crossing bridges, Highway bridge, Main span length, Probability of passing, Traffic survey, Normal distribution

I. 서론

국내의 주요 항만의 항로 등을 가로지르거나 육지와 도서지역을 잇는 연륙교, 도로교 등 해상 교량의 건설이 활발하다. 이들 해상교량 중 일부

는 선박의 통항이 빈번한 항로나 수로부근을 가로질러 건설되므로 선박의 안전한 통항에 밀접한 관련이 있으며, 특히 주경간장의 경우 교량의 형식과 이에 따른 경제성 평가에 중요한 근거가 된다(Bae, 2016).

* Corresponding author : 051-410-5098, lys@kmou.ac.kr

주경간 사이가 좁을 경우 주경간과의 충돌 위험, 선박간의 충돌 위험 등 해양 사고로 이어질 수 있어 보다 면밀한 검토가 필요하다.

이러한 이유로 해상교량의 주경간장 결정에 대한 선행연구가 다수 수행되었다. Kim et al. (2005)은 선박조종시물레이션을 이용하여 해상교량의 주경간장에 대하여 검토하였고, Song et al. (2007)은 국내 해상교량 주요 제원 분석을 주제로 국내의 주요 해상교량에 대한 현황 및 주요 제원을 조사 분석하여, 주경간장, 형하고 등의 주요 제원을 결정하게 되는 요인에 대해 분석하였다.

국내 해상교량건설기준안(MOF, 2007)에서 항로 폭은 교행여부와 상관없이 선박길이의 2.5배이며, 교량통과 구간 전·후로 직선거리 선박길이의 8배 이상을 확보하도록 하고 있으며, Bac(2016)는 주경간장에 있어 앞선 선행연구에서 제시된 항로 폭 결정방식을 상호 비교하고, 대상 선박과 교행선박을 산정하여 관련기준에 따른 가항 폭을 선박의 전장을 기준으로 제안하였다. 하지만 상기 연구들에서 제시한 기준은 무역항이나 연안항 등 대형선이 통항하는 항만을 횡단하는 해상교량을 그 대상으로 하고 있어 주로 소형선 등이 통항하는 연륙교나 도로교에 그 기준을 일률적으로 적용하는 것은 해당 해역의 교통 특성을 반영하지 못하는 문제가 있다.

이에 본 연구에서는 소형선이 통항하는 연륙교나 도로교 건설에 따른 실제의 교통흐름과 특성을 수용한 주경간장의 기준을 마련하기 위하여 포항 도로교가 건설 예정인 대상해역의 통항흐름을 조사하고, 이격거리를 산출하여 통항 분포 특성을 도출하였다. 도출된 특성을 바탕으로 도로교와 연륙교의 적절한 주경간장에 대해 검토하였다.

II. 대상해역의 선박 통항 특성 검토

1. 대상해역의 선박 통항 자료 수집 및 통

항 현황

본 연구의 대상해역은 경상북도 포항시 남구 장흥동에서 영덕군 축산면을 잇는 총길이 67.6km의 국가지원지방도 20호선 중 포항시 남구 송도동과 북구 항구동 미 연결 구간을 연결하는 도로 건설 계획 수립 지역으로서, 포항 구항을 가로지르는 도로교 건설이 포함되어 있다([Fig. 1] 참조).



[Fig. 1] Designated Area

포항 구항은 활어위판장과 수리조선소 등이 위치하고 있어 어선 및 소형선의 출입이 많은 해역으로 본 연구의 대상해역으로 적합한 곳이다.

대상해역의 선박 통항 현황을 파악하기 위하여 Port-MIS, GICOMS 및 현장조사를 수행하였으며, 이를 토대로 대상해역의 선박 통항 분포 특성을 검토하였다.

1) Port-MIS 자료상 통항 현황

2012년~2016년 Port-MIS 기반 포항항 구항의 선박 통항 현황조사 결과 5년간 총 4,850척의 선박이 입항하였으며, 도로교 하부 통항 대상 부두인 1~4 물양장, 어선 물양장, 조선소의 최근 5년간 입출항 실적은 <Table 1>과 같다.

5년간 대상해역의 통항 선박 중 총톤수 1,000톤 이상의 선박은 총 10척으로 연간 2척 약 0.6%를 차지하였고, 500톤이상 1,000톤 미만의 선박은 총 19척으로 연간 3.8척 약 1%를 차지하였으며,

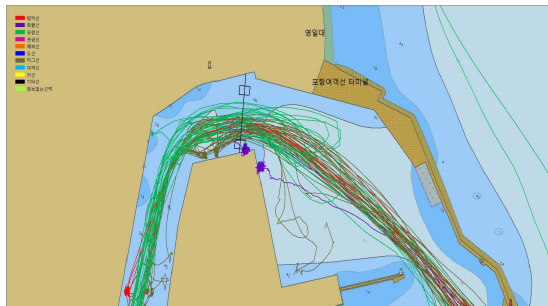
500톤 미만의 선박이 1,680척 연간 336척 약 98.3%를 차지하는 것으로 조사되었다.

<Table 1> No. of Traffic by Port-MIS at Pohang Old Port

Gross tonnage	2012	2013	2014	2015	2016	Total
Under 100ton	87	113	111	92	73	476
Under 100-500ton	269	242	165	247	281	1,204
Under 500-1,000ton	4	3	7	2	3	19
Under 1,000-3,000ton	3	1	1	5	0	10
Total	363	359	284	346	357	1,709

2) GICOMS 자료상 통항 현황

2017년 포항항의 도로교 건설 대상해역의 선박 주요 통항 흐름을 살펴보기 위하여 2016년 8월 25일에서 27일까지 대상해역의 3일간의 GICOMS 자료를 분석하였다(Fig. 2)참조).



[Fig. 2] Traffic Pattern at Pohang Old Port by GICOMS

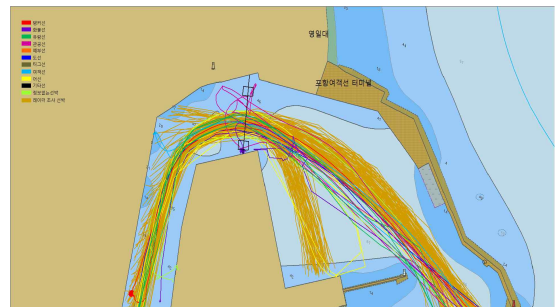
<Table 2>와 같이 조사기간 동안에 총 69척이 통항하였으며, 일평균 23척, 시간당 평균 0.96척이 통항하였다. 선종별로는 예인선이 32척으로 가장 많았으며, 유람선이 28척, 탱커선이 7척, 화물선이 2척으로 조사되었다. 규모별로는 길이 50m 이하의 선박이 67척으로 가장 많았으며, 50~100m 이하의 선박이 2척, 100m 이상의 선박은 통항하지 않았다.

<Table 2> No. of Traffic at Pohang Old Port by GICOMS

Length \ Type	Under 50m	Under 50-100m	Over 100m	Total
Tanker	7	0	0	7
Tug boat	32	0	0	32
Cargo ship	1	1	0	2
Cruise ship	27	1	0	28
Total	67	2	0	69

3) 현장 조사를 통한 통항 흐름 현황

GICOMS의 자료는 어선 등의 선박 현황을 파악하기 어려워 대상해역에서 AIS, RADAR 등을 이용하여 2017년 9월 25일 18시부터 26일 18시까지 1일간의 현장 교통조사를 실시하였다(Fig. 3) 참조).



[Fig. 3] Traffic Pattern at Pohang Old Port by RADAR, AIS

<Table 3> No. of Traffic at Pohang Old Port by RADAR, AIS

Length \ Type	Under 50m	Under 50-100m	Over 100m	Un known	Total
Tanker	2	0	0	0	2
Cargo ship	1	1	0	0	2
Passenger ship	0	2	0	0	2
Government vessel	9	0	0	0	9
Cruise ship	5	0	0	0	5
Pilot boat	1	0	0	0	1
Fishing boat	179	0	0	0	179
Other	1	0	0	1	2
Total	198	3	0	1	202

<Table 3>과 같이 조사기간 동안에 총 202척이 통항하였으며, 시간당 평균 8.42척이 통항하였다. 선종별로는 어선이 179척으로 가장 많았으며, 174척은 눈으로 관측으로 통하여 확인된 선박이었다. 어선 이외에는 관공선이 9척, 유람선이 5척, 탱커선, 화물선, 여객선, 미확인 선박이 각 2척, 도선이 1척, 기타 선종이 2척이었다. 규모별로는 길이 50m 이하의 선박이 198척으로 가장 많았으며, 50~100m 이하의 선박이 3척, 100m 이상의 선박은 통항하지 않았고, 길이를 알 수 없는 선박이 1척 조사되었다.

4) 대상해역의 선박 통항 현황

Port-MIS, GICOMS 및 현장조사를 통하여 대상해역의 통항 선박은 500톤 미만, 길이 50m미만의 선박이 대부분을 차지하고 있다. Port-MIS 자료에서는 약 98.3%가 500톤미만의 선박이었으며, GICOMS 자료에서는 50m미만의 선박이 약 97.1%, 현장조사에서는 50m미만의 선박이 약 98.0%를 차지하였다. 하지만 선행연구에서는 대상해역을 통항하는 최대 선박의 재원에 초점을 맞추고 그 선박의 통항 안전성 확보에만 주력하였다.

<Table 4> Particulars of Two Vessels

Division	Length	Breath	Draft
Korea coast guard(507)	64.0m	9.7m	2.6m
Kuk-dong cruise	52.5m	10.5m	2.6m

Port-MIS 자료상 대상해역을 통항한 최대선박은 주로 수리 조선소에 입항한 선박이었으나, 제3차 전국 항만기본계획 수정계획에 따라 도로교가 건설되고 수리조선은 영일만항으로 이전 계획이 있어 본 연구 대상에서는 제외하였고, GICOMS 및 현장조사 시 파악한 최대선박은 국동크루즈로 조사되었다. 또한 Port-MIS 및 GICOMS와 현장조사에는 파악되지 않았지만 방문기관 면담 시 해경경비함도 대상해역을 통항하

는 것으로 파악되었으며, 두 선박의 재원은 <Table 4>와 같다.

2. 대상해역의 선박 통항 분포에 따른 특성 검토

1) 선박 통항 흐름 검토를 위한 통항 근접거리 측정

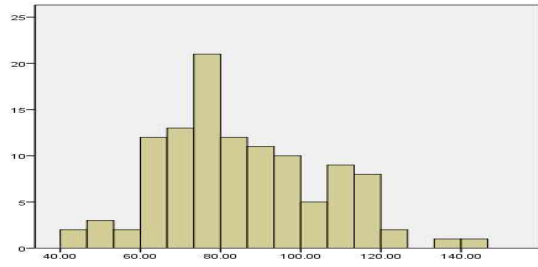
도로교 건설 대상해역의 해면 폭은 약 219.5m이며, 통항흐름의 검토를 위하여 목표선 분석을 시행하였다. 목표선 분석은 선박의 항적도를 바탕으로 관심이 되는 점 또는 선을 선정하고 그 지점에서 선박이 통과할 때 근접거리를 구하여 분석하는 방식으로 해상교통안전진단 등에서 사용되고 있다(Jeong & Lee, 2007). 목표선 분석을 위하여 측정지점을 [Fig. 4]와 같이 선정하였으며, 입항과 출항을 구분하여 측정지점으로부터 통항 선박의 근접거리를 측정하였다.



[Fig. 4] Measuring Point of Distance at Pohang Old Port

2) 대상해역 입항 선박에 대한 검토

눈으로 관측한 자료를 제외하고 조사기간 동안에 총 117척의 화물선이 대상해역을 입항한 것으로 조사되었으나, 화물선 1척은 모래운반선으로서 도로교가 설치되는 장소 인근 부두에 접안하기 위한 통항이었으며, 4척은 항로표지선으로 해당 수역을 배회하는 항적을 보여 통항선박이라 보기 어려운 운항 패턴이라 제외하였다. 따라서 조사기간 동안 대상수역을 입항한 총 112척의 선박의 흐름을 검토하였고, 그 분포는 [Fig. 5]와 같다.



[Fig. 5] Histogram for Entering at Pohang Old Port

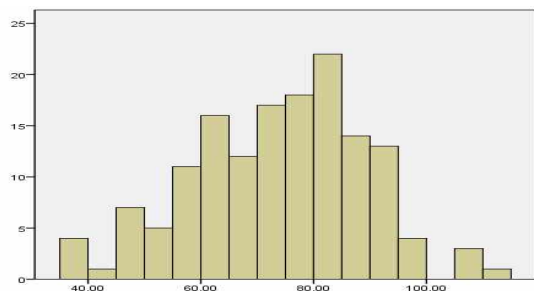
<Table 5> Distance for Entering at Pohang Old Port

Distance	Entering
Max. [m]	140.6
Min. [m]	41.3
Mean [m]	85.25
Standard Deviation [m]	20.04
No. of Vessel	112

<Table 5>에서 보는바와 같이 입항 시 선박의 최소 근접거리는 41.3m이고, 최대 근접거리는 140.6m이며, 평균 85.25m의 근접거리를 두고 대상해역을 통과하였다.

3) 대상해역 출항 선박에 대한 검토

눈으로 관측한 자료를 제외하고 조사기간 동안에 총 154척의 화물선이 대상해역을 입항한 것으로 조사되었으나, 화물선 1척은 모래운반선으로서 도로교가 설치되는 장소 인근 부두에 접안하기 위한 통항이었으며, 5척은 항로표지선으로써 해당 수역을 배회하는 항적을 보여 통항선박이라



[Fig. 6] Histogram for Departure at Pohang Old Port

보기 어려운 운항 패턴이라 제외하였다. 따라서 조사기간 동안 대상수역을 출항한 총 148척의 선박의 흐름을 검토하였고, 그 분포는 [Fig. 6]과 같다.

<Table 6>에서 보는바와 같이 출항 시 선박의 최소 근접거리는 35.3m이고, 최대 근접거리는 110.2m이며, 평균 73.69m의 근접거리를 두고 대상해역을 통과하였다.

<Table 6> Distance of Departure at Pohang Old Port

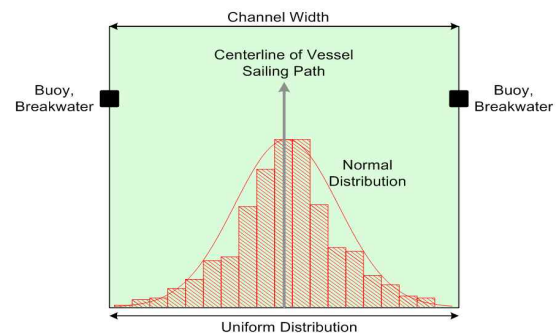
Distance	Departure
Max. [m]	110.2
Min. [m]	35.3
Mean [m]	73.69
Standard Deviation [m]	15.37
No. of Vessel	148

Ⅲ. 주경간장 결정을 위한 방안

1. 대상해역의 통항분포 검증

1) 일반적인 선박의 통항 분포

선박이 항로를 통항할 경우, 일반적으로 항로 단면에서의 선박 항행 궤적의 분포는 [Fig. 7]과 같이 정규분포(Normal Distribution)를 이루는 것으로 알려져 있다(Kim et al., 2016).



[Fig. 7] Normal Distributions

선박 운항자는 항로의 중양을 따라 운항하려는 경향이 강하며, 따라서 항로의 중양에 집중되는 정규분포에 근사하게 되는 것이다.

따라서 해상안전법상 해상교통안전진단 등에서도 충돌확률 등을 구할 때 정규분포를 가정하여 정규분포의 누적 확률분포 함수를 이용하여 확률을 추정한다.

하지만 다수의 선행연구에서 이러한 정규분포가 적합하지 않는 경우도 있었다. Nguyen et al. (2015)은 말라카해협의 교통분포가 정규분포와 상이하다고 분석하였으며, Yoo(2016)는 인천항 통항로에서 혼합 확률분포가 보다 적합하다고 하였고, Kim et al. (2017)은 부산북항과 감천항의 위험물운반선이 정규분포를 따르지 않는다고 하였다.

따라서 항로분포가 정규분포를 따르는지 따르지 않는지에 대한 정규성 검정이 선행되어야 하며, 정규성을 따르지 않는 경우에는 보다 적합한 분포를 이용하여야 한다.

2) 대상해역 입·출항에 따른 정규성 검정

귀무가설 ‘입·출항선박의 근접도 데이터가 정규분포에 따른다.’와 대립가설 ‘입·출항선박의 근접도 데이터가 정규분포에 따르지 않는다.’를 검정하기 위하여 SPSS 프로그램을 이용하여 Kolmogorov-Smirnov test(이하 KS test) 및 Shapiro-Wilk test(이하 SW test)를 실시하였으며, 그 결과는 <Table 7>과 같다.

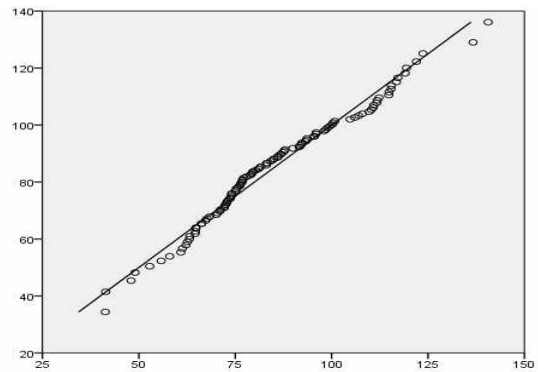
<Table 7> Result of KS-test and SW test at Pohang Old Port

Status	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig	Statistic	df	Sig
Entering	.085	112	.047	.979	112	.076
Departure	.050	148	.200	.990	148	.338

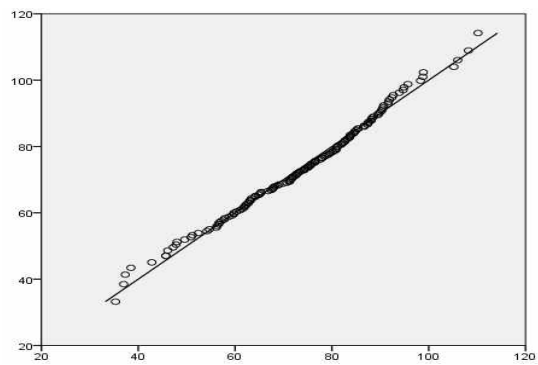
<Table 7>에서 보는 바와 같이 입항의 경우 KS test의 유의도는 .05보다 작은 값을 보여 귀무가설이 기각되고 대립가설이 성립되나, SW test 결과

는 유의도 .05보다 큰 값을 보이므로 귀무가설이 성립됨을 알 수 있다. 다만, 이들 두 검정결과가 차이가 있을 경우에는 표본수가 2,000보다 클 때에는 KS test를 사용하고 2,000보다 작을 때에는 SW test를 사용하는 것이 적절하다(Choi, 2015).

출항의 경우 KS test의 유의도와 SW test의 유의도 모두 .05보다 큰 값을 보이므로 귀무가설이 성립됨을 알 수 있다. [Fig. 8]과 [Fig. 9]는 각각 입항과 출항에서의 Q-Q 도표를 나타낸 것이다. 입·출항 모두 선형에 가까워 정규분포를 따른다고 할 수 있다.



[Fig. 8] Q-Q Diagram for Enter at Pohang Old Port

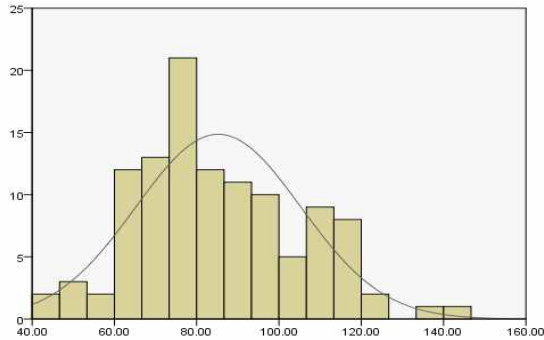


[Fig. 9] Q-Q Diagram for Departure at Pohang Old Port

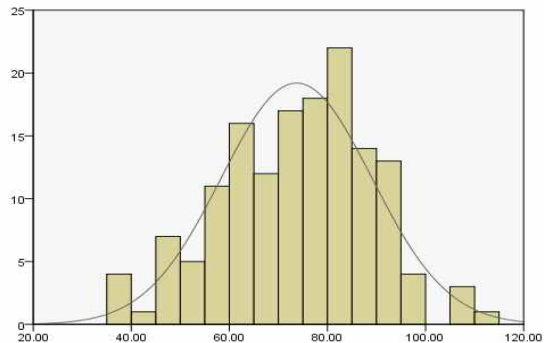
3) 대상해역의 통항 특성

앞서 살펴본 바와 같이 대상해역의 통항 특성

은 우선 정규분포를 이룬다는 것이다. 따라서 [Fig. 10]과 [Fig. 11]은 정규분포를 이룬다고 할 수 있다.



[Fig. 10] Normal Distributions for Enter at Pohang Old Port



[Fig. 11] Normal distributions for Departure at Pohang Old Port

왜도(Skewness)는 관측값들의 비대칭성을 측정하는 도구로, 왜도의 값이 0이면 좌우 대칭을 이루는 것이다. 첨도는 관측값들의 산술평균 주위에 밀집된 정도를 측정하는 것으로 첨도의 값이 0에 가까우면 정규분포를 이룬다(Kim et al., 2017). <Table 8>은 SPSS를 이용하여 대상해역의 입항과 출항에서 왜도와 첨도를 구한 결과이다. 왜도의 경우에는 입항 시 약 0.4, 출항 시 약 0.2로써 0에 가까운 값을 보이지만 평균에 비해서는 약간 우측으로 치우친 것을 알 수 있다. 첨도의 경우에는 입항 시 약 -0.2, 출항 시 약 -0.2로써 0

에 가까운 값을 보이지만 평균에 비해 약간 퍼진 형태로 분포하고 있다.

따라서 대상항로에서 선박은 중간에서 우측으로 약간 치우쳐 통항하며, 항로를 다소 고루 이용하는 경향이 있다.

<Table 8> Result of Skewness and Kurtosis

Status		Statistic	Standard error
Enter	Skewness	.366	.228
	Kurtosis	-.160	.453
Departure	Skewness	.246	.199
	Kurtosis	-.194	.396

2. 대상해역의 주경간장 결정 및 검토

1) 대상해역의 주경간장 결정(안)

선박 통항이 빈번한 해역에서 도로교 등을 건설할 경우에는 대상해역 선박 통항의 정규분포 및 통항특성을 바탕으로 해상교량의 주경간장의 결정이 필요하다.

대상해역에서의 선박의 통항은 정규분포를 이룬다고 추정할 수 있으며, 이를 근거로 정규분포의 누적 확률분포 함수를 이용하여 통항확률을 추정할 수 있다.

평균 및 표준편차를 이용하여 정규분포의 누적 확률분포 함수를 구하고, 해상교통안전진단에서 규정하는 충돌확률 1.0×10^{-4} 를 만족하는 값을 구하면 <Table 9>와 같다.

<Table 9> Result of Collision Probability

Division		Position	Collision Probability
Enter	Near from Point	10.7	9.95875×10^{-5}
	Far from Point	159.8	9.95875×10^{-5}
Departure	Near from Point	16.5	9.9263×10^{-5}
	Far from Point	130.9	9.87527×10^{-5}

<Table 10> Result of Passing Probability

Division		No. of Passing	Passing Probability
Enter	10.7 ~ 159.8 m	100%	99.98%
Departure	16.5 ~ 130.9m	100%	99.98%

<Table 9>와 같이 입항의 경우 측정 지점으로부터 10.7m ~ 159.8m 사이로, 출항의 경우 측정 지점으로부터 16.5m ~ 130.9m 사이로 항해한다면 해상교통안전진단에서 규정하는 충돌확률 이하로 항해할 수 있다.

<Table 9>에서 결정된 주경간장 사이를 교통조사에 관측된 선박은 입출항 모두 100% 통과하는 것으로 판단되고, 누적 확률분포 함수를 이용한 통항확률은 입출항 모두 99.98%로 판단된다(<Table 10> 참조).

따라서 해상교통안전진단의 기준을 충족하는 항로 폭은 입항의 경우 149.1m이고, 출항의 경우 114.4m로 판단된다. 따라서 안전을 확보할 수 있는 최소 주경간장은 149.1m로 결정할 수 있다.

2) 국내·외 항로설계기준과의 비교 검토

앞서 살펴본 대상해역의 주경간장 결정(안)을 통항최대선박을 이용한 선행연구 기준을 비교 검토하였다.

국내 해상교량건설기준안(MOF, 2007) 은 앞서 언급한 바와 같이 항로 폭은 교행여부와 상관없이 선박길이의 2.5배이며, 교량통과 구간 전·후로 직선거리 선박길이의 8배 이상을 확보하도록 하고 있다. 해당조건을 만족하지 못한 경우에는 관계기관의 의견수렴 및 선박통항 시뮬레이션을 실시하여야 한다. 기준안에 따라 해양경비함은 160m, 국동크루즈는 131.25m의 항로 폭이 필요한 것으로 판단된다(<Table 11> 참조).

국외 기준안으로 대표적인 것은 AASHTO의 Bridge Protection Planning Guidelines가 있다. 이 가이드라인에서는 선박운항이 가능한 수로를 가로지르는 새로운 교량의 계획과 관련하여 교량의

위치 및 배치, 경간장, 형하고, 방호 시스템 등에 대하여 기술하고 있으며, 경간장의 경우 Shoji 등에 의해 수행된 실제 선박과 교량의 충돌사고에서 선박의 크기와 수평 이격거리의 상관관계에 대한 조사 결과에 근거하고 있다. 특히 지침에서는 교량의 주경간장은 설계 선박 길이의 2~3배보다 작으면 선박 충돌에 특히 취약하다고 기술하고 있다. 따라서 해양경비함은 128m ~ 192m, 국동크루즈는 105m ~ 157.5m의 주경간장이 필요한 것으로 판단된다(<Table 11> 참조).

<Table 11> Comparison with Route Design Standards

Division	Length	MOF Standard	AASHTO Standard	This Study Standard
Korea Coast Guide(507)	64.0m	160m	128~192m	149.1m
Kuk-dong Cruise	52.5m	131.25m	105~157.5m	

국내·외 주경간장 설계에 따른 기준안과 항로 특성을 고려한 주경간장 결정 안을 비교하면 AASHTO의 기준안의 경우 일부 만족하고, 해양수산부의 기준안의 경우에는 국동크루즈는 만족하지만 해양경비함의 경우에는 다소 만족하지 않은 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서 제안된 주경간장 결정 안은 선박조종시뮬레이션을 수행하지 않아도 국제기준과 국내기준을 일부 충족시킬 수 있는 유의미한 방안이 될 수 있다.

IV. 결론

항만을 가로지르는 해상교량의 건설이 활발하게 진행되고 있으며, 이는 선박의 안전운항에 큰 영향을 미친다. 선행연구는 주로 무역항이나 연안항 등 대형선이 통항하는 항만을 횡단하는 해상교량을 그 대상으로 하고 있어 주로 소형선 등이 통항하는 연륙교나 도로교에 그 기준을 일률적으로 적용하기에는 통항특성을 반영하지 못하는 문제가 있었다.

이에 본 연구에서는 소형선 등이 통항하는 연륙교나 도로교 건설에 필요한 주경간장 결정과 관련하여 연륙교나 도로교 건설예정 지역의 선박 통항 특성을 반영한 새로운 방안을 제시하고자 하였다.

우선 포항항의 해상교량 대상해역에서 선박교 통조사를 시행하였으며, 선박 통항 특성을 분석하기 위하여 목표선 분석을 시행하였다. 목표선 분석의 결과 선박의 항적은 정규분포를 이루는 것으로 평가되었으며, 정규분포의 누적확률분포 함수를 이용하여 대상해역의 선박 통항 확률을 계산하였고, 입항의 경우 측정점으로부터 10.7m ~ 159.8m 사이로, 출항의 경우 측정점으로부터 16.5m ~ 130.9m 사이로 항해한다면 해상교통안전 진단에서 규정하는 충돌확률 이하로 항해할 수 있었으며, 항로 폭은 입항의 경우 149.1m이고, 출항의 경우 114.4m가 필요한 것으로 판단된다. 따라서 안전을 확보할 수 있는 최소 주경간장은 149.1m로 결정할 수 있다. 결정된 주경간사이로 교통조사시의 선박 모두 통항하는 것으로 판단되었으며, 정규분포의 누적 확률분포 함수를 이용한 통항확률은 99.98%로 나타났다.

이렇게 결정된 주경간장(안)을 국내·외 주요 주경간장 결정을 위한 기준과 비교한 결과 국외 기준을 만족하고, 국내 기준을 일부 만족한 것으로 판단되었다.

이 연구의 성과는 다음과 같이 정리할 수 있다.

첫째, 기존에는 연륙교와 도로교의 주경간장 결정에 있어 기존 선행연구에서 제시한 해상교량의 주경간장 기준을 일률적으로 적용하여 왔으나, 대상해역의 통항 특성을 고려하여 충돌확률 및 통항선박 항적수용을 검토하여 새로운 주경간장 결정방안을 제시하였다.

둘째, 이러한 주경간장 결정방법이 국내·외 기준을 부분적으로 만족하는 것으로 평가되어 선박 조종시플레이션을 수행하지 않아도 연륙교와 도로교의 주경간장 결정에 유의미한 방안으로 활용

할 수 있을 것이다.

다만 본 연구는 포항항의 입구부에 한정된 연구인만큼 보다 진입 직선거리 및 교행여부 등 다양한 항만과 변수 등을 고려하여 다각도의 후속 연구가 필요할 것으로 판단된다.

References

- AASHTO(2009). Guide Specification and Commentary for Vessel Collision Design of Highway Bridges(2nd Edition), 155~157
- Bae YG(2015). Plan, Design and Maintenance of the Sea-Crossing Bridge Considering the Ship Collision Problem, Mokpo University, 1 & 45~46
- Choi EH(2015). Type of Statistical Methods and Errors in the Journal of Korea Academy of Fundamentals of Nursing, Journal of Korean Academy of Fundamentals of Nursing 22(4), 452~457
- Jeong TG and Lee DS(2007). Comparison of Goal-line and In-length Analyses in the Proximity Measures of Simulated Maneuvers, Journal of the Korean Navigation and Port Research 31(1), 1~6
- Kim DB and Park YS(2016). A Study on the Route Operation & Safety Improvement in Gwangyang Traffic Safety Designated Area Based on ES Model, Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, 22(2), 153~159
- Kim JK, Kim SW and Lee YS(2017). A Study on the Traffic Patterns of Dangerous Goods Carriers in Busan North and Gamcheon Port, Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety 23(1), 9~16
- Kim SW, Kim WO and Cho KM(2005). A Study on Traffic Safety Assessment at Youngwon waterway by Ship Handling simulator, Journal of Maritime Industry Research Institute of Korea Maritime and Ocean University, 2005, 9~14
- MOF(2007). Study on Establishing Standards and Procedures for the Construction of a Bridge across the Harbor, 2007, Ministry of Oceans and Fisheries, 43
- Nuyen Xuan Thanh, Park YS, Park JS and Kim TG(2015). A Study on the Marine Traffic

Assessment based on Traffic Distribution in the Strait of Malacca, Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, 21(1), 025~033
Song CU, Lee YS, Jung M and Cho IS(2007). A Study of Analysis of Main Characteristics of Korean Sea-cross Bridges, Journal of Korea Navigation and Port Research, 2007. 12, 266~268
Yoo SL(2016). A Study on the Estimation of

Optimal Probability Distribution in the Ship Fairway, Mokpo Maritime University, 2016. 12, 127

-
- Received : 21 June, 2018
 - Revised : 10 August, 2018
 - Accepted : 20 August, 2018