

## 부산항 해상교통 혼잡도 평가에 관한 연구

여 기 태\* · 이 흥 겔\*\* · 석 상 문\*\*\* · 이 철 영\*\*\*\*

### A Simulation Study on the Marine Traffic Congestion in Pusan Port

*K. T. Yeo · H. G. Lee · S. M. Soak · C. Y. Lee*

**Key Words** : 해상교통량(Marine Traffic Volume), 대기행렬이론(Queueing Theory), 지수분포(Exponential Distribution), Awe-Sim 시뮬레이션 언어 (Awe-Sim Simulation Language), 시뮬레이션 Network 모델(Simulation Network Model), 통항우선권(Transit Priority), 평균대기시간(Average Waiting Time), 평균대기열(Average Waiting Length), 평균이용률(Average Utilization)

#### Abstract

In Pusan port, the studies which analyze container cargo volumes by using forecasting methods and research about container logistics system, etc., have been continuously carried out.

But, in Pusan port, the study on an evaluation of traffic congestion has been scarcely performed until now. Especially, when changing and extending a berth, or constructing a new port, it is very important to examine this field. And it should be considered.

Thus, this paper aims to analyze the effect of ship traffic condition in the year 2011, to evaluate marine traffic congestion, according to changing ship traffic volumes in Pusan port.

To analyze it, we examined the results by simulation method.

\* 정회원, 양산대학 교통물류정보과 전임강사

\*\* 정회원, 동경공업대학 경영공학과 박사과정

\*\*\* 정회원, 한국해양대학교 물류시스템공학과 석사과정

\*\*\*\* 정회원, 한국해양대학교 물류시스템공학과 교수

# 1. 서론

## 1.1 연구의 배경 및 목적

항로시스템은 항만에서 서비스를 받기 위해 도착하는 선박들이 이용하는 최초의 서비스 시설이며, 항만에 있어서 가장 기본이 되는 Infra중의 하나임에 틀림없다. 따라서, 항로상의 안전성 재고 및 해난 사고 방지라는 관점은 접어두고라도, 경쟁력 재고 및 선박을 유치하기 위한 관점으로도 수로의 해상교통량 혼잡도 평가는 반드시 고려되어야 할 중요한 요소이다. 그럼에도 불구하고, 부산항에 관한 여러 가지 연구를 살펴보면, 다양한 예측기법을 이용한 물동량 분석, 시뮬레이션에 의한 부산항 현황분석, 항만내 각 부차시스템의 최적화 등에 관한 많은 연구가 이루어지고 있으나, 부산항 해상교통량의 혼잡도에 관한 연구는 거의 이루어지지 않고 있는 실정이다.

또한, 이러한 연구는 부두의 확장이나 변경, 신항만 건설, 기타 항만의 여건 변화시, 선박 통항량이 변화함에 따라 반드시 고려해야 할 필수적인 요소이며, 이미 울산항, 가덕신항만 등의 교통량 혼잡도 평가가 연구된바 있다.

따라서, 본 연구는 가덕신항만의 가동 및 기타 항만의 여건 변화를 감안하여 2011년을 중심으로 선박교통량이 변화함에 따라, 현재의 부산항이 선박통항에 어떠한 영향을 미치는지 수로의 혼잡도를 분석하고 평가하는 것을 그 목적으로 하고 있다.

## 1.2 연구수행방법

수로의 교통량에 따른 혼잡도를 평가하는데는 대기행렬이론에 의한 분석과 시뮬레이션기법에 의한 분석 등이 이용될 수 있다. 대기행렬이론으로 선박의 도착패턴을 무작위로 해석하여 평균대기시간 등을 구할 수 있으나, 수로의 전체상황을 그대로 반영하기 곤란하고, 수로의 교차부에 대한 해석은 매우 어렵다. 따라서, 본 연구에서는 컴퓨터를 이용하여 수로의 상황을 수치 모형화하여 각 지점에서의 대기

시간 등을 구하는 방법인 시뮬레이션기법을 이용하였다.

우선, 기존의 통계자료 및 연구 보고서를 검토하여 통항선박의 규모, 물동량, 입항척수 등을 기준으로 2011년 선박 교통량을 추정하고, 부산항 수로 모형을 시뮬레이션 모형으로 해석하여 혼잡도를 측정하는 기준으로, 수로 각 교차부에서의 평균대기시간, 대기선박수, 선박이 각 교차부에서의 대기할 확률 등을 산정한 후, 그 결과를 분석하여 2011년 부산항 통항여건을 검토하고자 한다.

# 2. 부산항 2011년 해상교통량 추정

## 2.1 해상교통량 추정 방안

부산항의 2011년 교통량을 추정하기 위해서, 본 연구에서는 <Fig. 2.1>과 같은 방법을 중심으로 각 부두별 교통량 추정을 실시하였으며, 컨테이너 터미널의 경우, 기존연구(여기태, 구자운,1997)에서 제시하고 있는 2011년 교통량추정을 토대로 이용하였다.

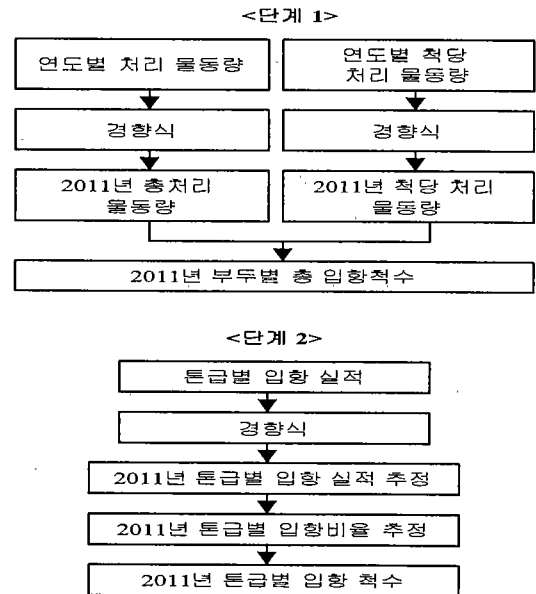


Fig. 2.1 Flow chart to estimate the Pusan's traffic volumes in 2011

2.2 교통량 추정결과

부산항에 기항할 선박의 교통량을 추정하기 위해서는 가장 먼저, 각 부두별·선박당 처리할 수 있는 물동량을 예측할 필요가 있다. 따라서, 기존의 각 부두별 입항선박척수, 처리 물동량, 선박당 처리물동량 및 이러한 Data를 토대로 경향식을 이용하여 추정한 결과는 <Table 2.1>, <Table 2.2>, <Table 2.3>과 같다.

아래 표에서 알 수 있듯이 5부두의 경우, 기존의 처리실적이 계속적인 감소추세를 보이고 있음에 따라 단위선박당 평균처리물량 추정이 용이하지 못하기 때문에, 본 연구에서는 톤급별 기항실적을 기준으로 경향식을 이용하여 추정하였다.

한편, 2011년 입항척수를 추정하기 위해서는 각 부두별 총 입항 선박의 평균 톤수를 환산하여 평균 입항선박 척수를 추정할 수 있으나, 실제로 기항하는 선박들은 그 크기가 다르므로 본 연구에서는 보다 실제적인 추정을 위해서 각 부두의 톤급별 기항

실적 Data를 이용하여 각 부두의 2011년 톤급별 입항 선박 척수를 추정하고자 한다.

따라서, 위에서 추정한 결과를 토대로 환산한 2011년 각 부두별 기항선박척수 추정결과는 <Table 2.3>과 같다. 단, 컨테이너 부두의 경우 앞서 언급한 것 같이 기존 연구에서 제시한 추정결과를 토대로 제시하고자 한다.

3. 시뮬레이션 모형의 구성

3.1 시뮬레이션 기법의 이용

선박의 수로이용 과정을 분석해보면, 선박이 수로를 이용하기 위하여 선행선박과의 간격이 충분치 않을 경우 대기하여 안전거리를 확보한 후, 진입하는 형태로 이는 대기행렬이론에서의 형태와 같다. 즉, 마치 사용자가 어떤 시설을 이용하는 동안은 다른 사용자가 시설을 사용할 수 없는 것과 같이 해석될 수 있다. 그러나, 대기행렬이론을 이용하여 선박의

Table 2.1 Estimated cargo volumes in general port

부두 연도	추정치(y=a+bx)											
	국제여객부두	1부두	2부두	중앙부두	3부두	4부두	5부두	7부두	M박지	O박지	경인부두	영도돌핀
a=	9139185	8856898	9261289	10144193	11724007	20571464	4898503	1202226	3441620	2480704	284209.8	2508719
b=	180202.5	-9577.6	637966.5	1547840	1892499	775689.4	-466209	784081.5	-86951.3	64697.6	151088.6	-51719.2
2011년 추정치	12563032	8674923	21382653	39553153	47681490	35309562	0	16099775	1789545	3709958	3154893	1526054

주) x 값은 1993년도를 기준 1로 하여, 목표연도인 2011년에 19를 투입함.

Table 2.2 Estimated average handling cargo volume per ship in general port

부두 연도	추정치(y=a+bx)											
	국제여객부두	1부두	2부두	중앙부두	3부두	4부두	5부두	7부두	M박지	O박지	경인부두	영도돌핀
a=	15589.59	7304.47	11498.3	17648.69	6172.567	8877.673	35413.4	5818.611	11263.63	1883.594	1746.175	1761.976
b=	1.508	-40.484	-440.363	621.306	.898.085	389.387	-3457.75	81.101	545.931	164.3786	794.811	125.586
2011년 추정치	15618.24	6535.274	3131.4	29453.51	23236.18	16276.03	0	7359.53	21636.32	5006.787	16847.58	4148.11

주) x 값은 1993년도를 기준 1로 하여, 목표연도인 2011년에 19를 투입함.

Table 2.3 Estimated traffic volumes at each port and tonnage

부두명	선박크기	y=a+bx			부두명	선박크기	y=a+bx		
		a	b	추정치			a	b	추정치
국제 여객	3천G/T미만	53.3	9.3	230	4부두	5천G/T미만	809	77.2	2275.8
	5천~7천G/T	245.8	4.6	333.2		5천~7천G/T	110	20.2	493.8
	7천~1만G/T	4	29.2	558.8		7천~1만G/T	41.9	26.1	537.8
1부두	5백G/T미만	326.6	11.8	550.8	5부두	1만G/T이상	78.7	6.7	206
	5백~3천G/T	535.5	-24.3	73.8		500G/T미만	7.5	18.7	362.8
	3천~5천G/T	75.2	30.2	649	7부두	3천G/T미만	120.6	90	1830.6
	5천~7천G/T	51	-2.4	5.4		3천~5천G/T	-54.3	48.1	859.6
1만~2만G/T	57	10.4	254.6	5천~7천G/T		3	4	79	
				7천~1만G/T		3.2	1.2	26	
2부두	3천G/T미만	472.9	68.7	1778.2	M 묘박지	1만~2만G/T	15.1	2.3	58.8
	3천~5천G/T	-3.3	49.1	929.6		2만G/T이상	17	1	36
	5천~7천G/T	46.4	-1.6	16		5백G/T미만	7.5	3.1	66.4
	7천~1만G/T	39	5.6	145.4		3천~5천G/T	92.3	-2.3	48.6
중앙 부두	2만G/T이상	10.2	2.8	63.4	O 묘박지	7천~1만G/T	15.8	0.2	19.6
	3천G/T미만	121.7	4.1	199.6		2만G/T이상	13.2	1.2	36
	3천~5천G/T	127.5	11.7	349.8		5백~3천G/T	862.5	12.7	1103.8
	5천~7천G/T	69	5.4	171.6	경인 부두	3천~5천G/T	17.3	7.3	156
	7천~1만G/T	67.6	7	200.6		100G/T미만	-1.2E-16	0.2	3.8
	1만~2만G/T	187.4	9	358.4		1천~3천G/T	38.2	0.4	45.8
3부두	2만G/T이상	14.7	15.3	305.4	영도 돌핀	3천~5천G/T	-13.5	17.7	322.8
	5천G/T미만	103.6	78.8	1600.8		5천~7천G/T	1.1	0.1	3
	5천~7천G/T	120.7	10.1	312.6		5백G/T미만	405.7	-16.1	99.8
	7천~1만G/T	56.1	31.7	658.4	5천G/T이상	5.3	3.7	75.6	
	1만~2만G/T	121.1	22.9	556.2					
	2만G/T이상	4.2	4.8	95.4					

주) x 값은 1993년도를 기준 1로 하여, 목표연도인 2011년에 19를 투입함.

도착패턴을 무작위로 해석하여 평균대기시간 등을 구할 수 있으나, 수로의 전체상황을 그대로 반영하기 곤란하고, 수로의 교차부에 대한 해석은 매우 어렵다. 따라서, 본 연구에서는 컴퓨터를 이용하여 수로의 상황을 수치 모형화 하여 각 지점에서의 대기시간 등을 구하는 방법인 시물레이션기법을 도입하고자 한다. 본 연구에서는 시물레이션 언어인 AWE-SIM을 사용하여 모형화 하였다

### 3.2 모형의 개요

#### 1) 가정조건

개항질서법에 따라, 부산항 각 항로는 단선항로로 이용되고 있으며, 부산지방해양수산청 조도관제소에 문의한 결과 및 관련 연구보고서 등을 토대로 다음의 가정아래 모형을 설계하였다.

(1) 선박의 각 항로의 도착은 포아송(Poisson) 형태를 따른다. 즉, 각 항로별 입항 선박의 도착시간은

지수분포(Exponential Distribution)를 따른다.

(2) 항로에 도착한 선박은 선행선박과 거리가 충분할 때 항로에 진입할 수 있다. 최소한 선박 간의 이격거리는 선박 길이와 선속에 따른 최소 이격거리를 따르며, 최소이격거리는 PIANC (Permanent International Association of Navigational Congress)에서 제안한 선박 정지거리에 관한 경험식에서 수로내의 제한 조건 즉, 천수와 항로유지의 여유분 50% 및 충돌방지를 위한 여유분 20%를 고려한 다음 식을 이용하였다.

$$d = D \times 1.5 \times 1.2$$

$$= (2.2 \times V^{0.75} + 1.8) \times L$$

$D$ : 선박의 정지거리(m)

$V$ : 선박의 속도(Knot)

단,  $d$ : 최소이격거리(m)

$L$ : 선박의 길이(m)

(3) 항로의 진입순서는 먼저 도착한 선박이 먼저 진입한다.(First Come First Served Queue Discipline).

(4) 항로 내에서 모든 선박은 일정한 속도로 항행한다. 단, 각 구간에 대한 평균속도는 부산지방해양수산청 조도 관제소에 문의한 결과를 토대로 주항로 8Knots, 항내 3, 5Knots로 정하고, 시뮬레이션의 엄밀을 기하기 위해 항내 3Knots인 경우와 5Knots인 경우를 달리하여 실시하였다.

(5) 선박이 항로내의 교차지점을 진행할 때 안전상 일정시간 동안 다른 선박이 진입할 수 없다. 선박의 항로교차점 통과시간을 조도 관제소에 문의한 결과 일반적으로, 주항로에서 약4분, 항내에서 약 2~3분 정도 소요되나, 선박의 안전성 및 보수적인 결과를 산정하기 위하여 주항로 8분, 항내 3분으로 가정하였다.

(6) 선박이 수로의 교차점에서 교차하게될 때 선박의 항행규칙에 따른 우선순위에 따라 교차지점을 통과한다. 개항질서법에 의거, 항로 진출입 선박과 항로를 통항하고 있는 선박 사이에는 항로 진출입 선박이 피항해야 할 의무를 가지고, 항로를 통항하

고 있는 선박이 교차점에서 교차될 때 교차선박의 紅燈을 보는 선박이 피항해야 할 의무가 있다.

(7) 항로의 교차점과 항로의 기종점에는 대기에 충분한 수역을 가진다.

(8) 선박이 항로내에서 정선할 때에는 그 정선 위치를 유지할 수 있고, 정선 후 다시 그 영역 내 항행속도로 항해하기까지의 지체시간은 무시한다.

(9) 항만에서의 선석부족으로 인한 대기는 고려하지 않는다.

(10) 예인선, 도선사의 숫자는 충분하여 이들을 기다리는 시간의 지체는 없다.

## 2) 항로 혼잡도 평가 모형

### (1) 수로의 모형

본 연구에서는 북항을 기종점으로 하는 대부분의 부두를 고려대상으로 하였는데, 부산항 항로상의 선박운항을 모형화하면 <Fig. 3.1>과 같다. 특히, 모형내의 A요박지의 경우 항내에 존재함에 따라 항내 부두에 기항하는 선박과의 빈번한 교차 및 이에 따른 선박의 지체요인으로 작용함에 따라, 점차적으로

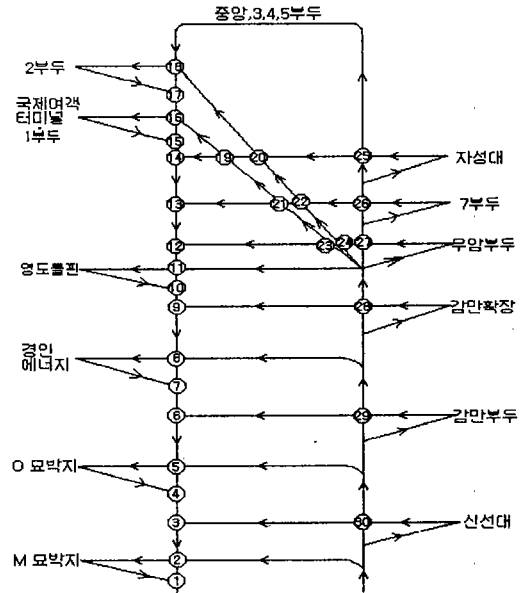


Fig. 3.1 Ship using form of North Channel in Pusan Port

규모를 축소하고 있고, 2011년에는 없어질 전망이어서 모형내에서는 제외하였으며, 8부두의 경우 군사 용도로 사용되는 해군부두이기 때문에 자료를 구하는데 현실적인 한계가 있어서 고려에서 제외하였다. 또한 연안여객터미널의 경우 남항항로를 이용하는 선박이 대부분이고, 비교적 규모가 작은 선박이어서 선박의 통항에 영향을 거의 미치지 않기 때문에 모형에서 제외하였다.

#### (2) 모형의 흐름도

항로 혼잡도 평가 시뮬레이션의 일부 흐름도는 <Fig. 3.2>, <Fig. 3.3>과 같다.

### 3.3 시뮬레이션 Network모형의 구성

#### 3.3.1 모형에 사용된 데이터

(1) 수로내 선박의 속도 : 수로내의 모든 선박은 일정한 속도를 유지하고, 주항로의 경우 8Knots, 항내의 경우 3, 5Knots로 항행한다. 단, 시뮬레이션의 엄밀을 기하기 위해 항내의 경우 3Knots, 5Knots로 달리하여 시뮬레이션을 실시하였다.

(2) 각 교차지점간 항행시간 : 각 교차지점간 항행시간은 부산지방해양수산청 조도 관제소에 문의한 결과를 토대로 환산하였으며, 다음<Table 3.1>와 같다.

(3) 선박의 도착시각 분포 : 모든 선박은 지수분포에 따라 수로의 진입부에 도착하며 <Table 3.2>의 평균도착시간 간격에 의하여 발생한다.

(4) 교차점 통과시간 : 가정조건에서 제시한 것과 같이 선박의 안전성 및 보수적인 결과를 산정하기 위하여 주항로 8분, 항내 3분으로 적용하였다.

(5) 모형의 수행시간 : 모형은 분 단위로 수행되며 1년(525,600분)의 기간동안 수행하고, 실제적인 시뮬레이션을 위해 시뮬레이션 시간 동안 개체 발생량에 제한을 두지 않았다.

(6) 선박간 최소진입간격 : 앞의 식으로 환산한 선박간 최소이격거리를 유지하기 위한 최소진입간격은 <Table 3.3>과 같다.

(7) <Fig. 3.1>에서 나타난 30개의 교차지점에서

의 개항질서법에 의거한 선박 통항 우선순위는 <Table 3.4>과 같다.

#### 3.3.2 시뮬레이션 Network 모형

부산항 시뮬레이션 Network 모형은 <Fig. 3.4>, <Fig. 3.5>에 나타나 있다. 단, 본 연구에서는 부산항의 대부분의 부두를 등급별로 세분하여 고려하였기 때문에, Network 모형 자체가 매우 방대하고 또한 Network의 Main 부분은 반복 수행되고 있으므로, 몇 가지 부두만을 간략화하여 제시하고자 한다. <Fig. 3.4>의 입항 선박의 Network 모형을 살펴보면, 제1항로로 진입하는 컨테이너선 및 기타 일반·잡화선에 대하여 각 부두별로 선박의 도착을 발생시킨다. 이 때 각 선박들은 이용부두별 선박의 규모별로 지수분포에 따라 선박의 도착을 발생시킨다. 예를 들어, 신선대 이용 컨테이너선의 경우 총 입항척수 898척 중, 30.8%를 점유할 것으로 추정된 3만~4만DWT급 선박은 평균 1900.2분 간격으로 발생한다. 따라서, 평균값이 1900.2인 지수분포에 따른 Random Number를 발생시킨다. 발생된 선박은 도착시각, 이용항단, 선행 선박과의 최소시간 간격, 우선순위 등의 정보를 지닌다. 발생된 선박은 수로의 진입부(부산 북항 제1항로)에 선박의 존재 여부를 점검하고, 선행 선박이 없으면 선행 선박과 도착시각과의 차이를 계산하여 그 차이가 최소시간 간격 이상일 경우에는 수로로 진입하고 그 시각을 기록한다. 진입부에 대기선박이 있거나, 선행 선박과의 진입시각 차이가 최소시간 간격보다 클 경우에는 대기후 도착순서에 따라 진입한다. 출항선박의 경우도 이와 같은 방법으로 진행된다. 수로에 진입한 선박이 해당부두에 기항하도록 하기 위해 시뮬레이션에서 각 분기지점에 조건식을 부여하여 해당부두에 기항시킨다. 부두에 기항한 선박은 대기시간 및 기타 자료를 기록하고 모형에서 소멸된다. 또한 <Fig. 3.5>의 경우도 입항 선박과 동일한 방식으로 발생된다. 출항하는 선박과 입항하는 선박이 교차지점에서 교차할 경우 앞서 제시한 <Table 3.4>의 개항질서법에 의거한 우선순위에 따라 진입하며, 대기한

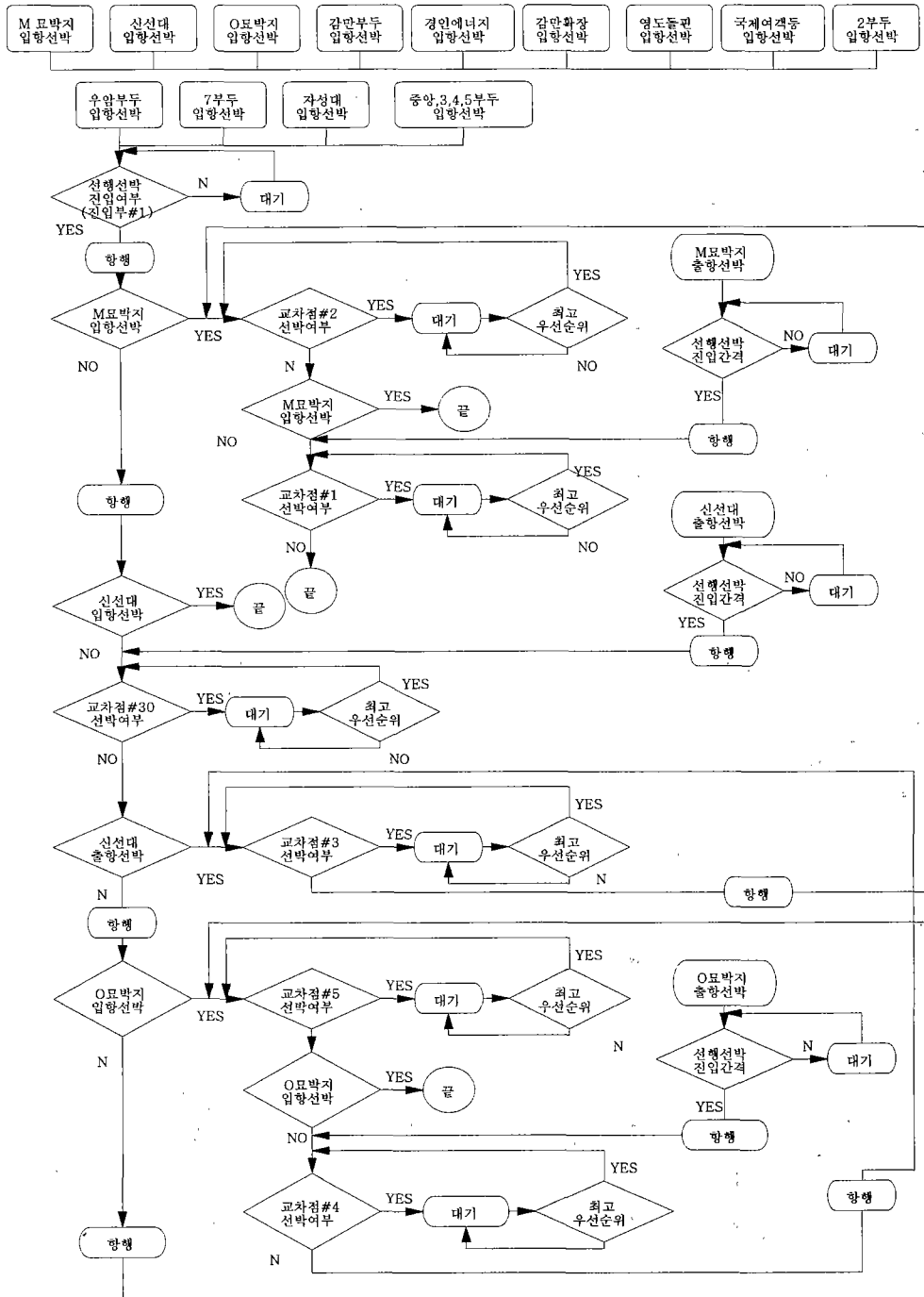


Fig. 3.2 Flow chart to evaluate the traffic congestion

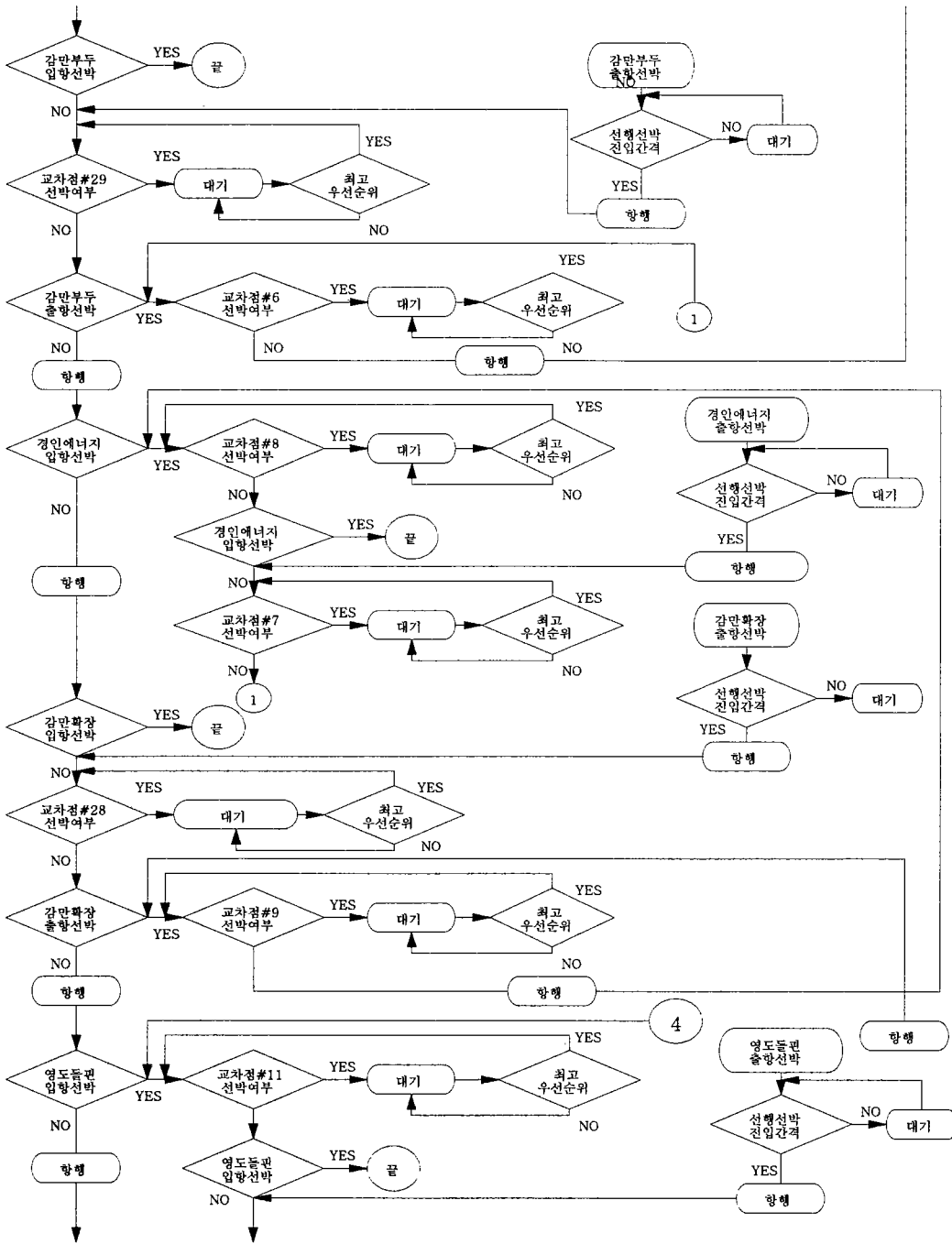


Fig. 3.3 Flow chart to evaluate the traffic congestion



Table 3.1 Average pilot time at each crossing point

부두별	선박항행경로	항로길이(m)	평균선속(knot)	항행시간(분)		
M 묘박지	▶입항: 1진입부 → 2교차부	3275	8	13.25		
	▶출항: 14진입부 → 1교차부	1250	8	5.06		
신선대	▶입항: 1진입부 → 30교차부	3575	8	14.47		
	▶출항: 13진입부 → 30교차부	2160	8	8.75		
	30교차부 → 3교차부	300	8	1.21		
	3교차부 → 2교차부	600	8	2.43		
O 묘박지	▶입항: 30교차부 → 5교차부	1025	8	4.15		
	▶출항: 12진입부 → 4교차부	495	8	2.0		
	4교차부 → 3교차부	725	8	2.94		
감만 부두	▶입항: 30교차부 → 29교차부	1000	8	3.95		
	▶출항: 11진입부 → 29교차부	450	8	1.82		
	29교차부 → 6교차부	300	8	1.21		
	6교차부 → 5교차부	250	8	1.01		
경인 부두	▶입항: 29교차부 → 8교차부	540	8	2.77		
	▶출항: 10진입부 → 7교차부	1200	8	7.78		
	7교차부 → 6교차부	240	8	1.56		
감만 확장부 부두	▶입항: 29교차부 → 28교차부	565	8	3.72		
	▶출항: 9진입부 → 28교차부	575	8	3.73		
	28교차부 → 9교차부	300	8	1.21		
	9교차부 → 8교차부	325	8	2.16		
영도 돌핀	▶입항: 28교차부 → 11교차부	600	3	5	6.48	3.89
	▶출항: 8진입부 → 10교차부	900	3	5	9.72	5.83
	10교차부 → 9교차부	600	3	5	6.48	3.89
국제 여객 1부두	▶입항: 28교차부 → 23교차부	600	3	5	6.48	3.89
	23교차부 → 21교차부	0	3	5	0	0
	21교차부 → 19교차부	0	3	5	0	0
	19교차부 → 16교차부	0	3	5	0	0
	▶출항: 4진입부 → 15교차부	3050	3	5	32.94	19.76
	15교차부 → 14교차부	100	3	5	1.08	0.65
2부두	▶입항: 28교차부 → 24교차부	600	3	5	6.48	3.89
	24교차부 → 22교차부	0	3	5	0	0
	22교차부 → 20교차부	0	3	5	0	0
	20교차부 → 18교차부	0	3	5	0	0
	▶출항: 3진입부 → 17교차부	1250	3	5	13.5	8.10
	17교차부 → 16교차부	100	3	5	1.08	0.65
우암 부두	▶입항: 28교차부 → 27교차부	600	3	5	6.48	3.89
	▶출항: 7진입부 → 27교차부	3070	3	5	33.15	19.90
	27교차부 → 24교차부	0	3	5	0	0
	24교차부 → 23교차부	0	3	5	0	0
	23교차부 → 12교차부	0	3	5	0	0
	12교차부 → 11교차부	210	3	5	2.27	1.36
7부두	▶입항: 27교차부 → 26교차부	300	3	5	3.24	1.94
	▶출항: 6진입부 → 26교차부	2325	3	5	25.11	15.04
	26교차부 → 22교차부	0	3	5	0	0
	22교차부 → 21교차부	0	3	5	0	0
	21교차부 → 13교차부	0	3	5	0	0
	13교차부 → 12교차부	300	3	5	3.24	1.94
자성대	▶입항: 26교차부 → 25교차부	1050	3	5	11.34	6.80
	▶출항: 5진입부 → 25교차부	2000	3	5	21.6	12.96
	25교차부 → 20교차부	0	3	5	0	0
	20교차부 → 19교차부	0	3	5	0	0
	19교차부 → 14교차부	0	3	5	0	0
	14교차부 → 13교차부	1050	3	5	11.34	6.80
중앙 2,3,4,5부두	▶출항: 2진입부 → 18교차부	550	3	5	5.94	3.56

Table 3.2 Average arrival time interval

부두명	선박크기	입항 척수	입항 비율	도착간격 (분)	부두명	선박크기	입항 척수	입항 비율	도착간격 (분)
국제 여객	3천G/T미만	164	0.20499	3187.575	O 묘박지	5백~3천G/T	649	0.875893	809.8308
	5천~7천G/T	238	0.29697	2200.293		3천~5천G/T	91	0.12379	5730.068
	7천~1만G/T	400	0.49804	1311.985	경인 부두	100G/T미만	1	0.010123	277267.4
1 부두	5백G/T미만	476	0.35915	1102.498		1천~3천G/T	22	0.122003	23005.81
	5백~3천G/T	63	0.04812	8228.637		3천~5천G/T	161	0.859883	3264.139
	3천~5천G/T	561	0.42319	935.6602		5천~7천G/T	1	0.007991	351242.4
	5천~7천G/T	4	0.00352	112453.1	영도 물편	5백G/T미만	209	0.568985	2510.934
1만~2만G/T	220	0.16601	2385.17	5천G/T이상		158	0.431015	3314.698	
2 부두	3천G/T미만	4140	0.60636	126.941	자성대	1만G/T미만	107	0.153	4898.4
	3천~5천G/T	2164	0.31699	242.8213		1만~2만G/T	143	0.204	3675.5
	5천~7천G/T	37	0.00545	14107.99		2만~3만G/T	50	0.071	10512.0
	7천~1만G/T	338	0.04958	1552.479		3만~4만G/T	215	0.308	2434.5
1만G/T이상	147	0.02162	3560.218	4만~5만G/T		75	0.108	6943.2	
중앙 부두	3천G/T미만	169	0.1259	3108.748	신선대	5만G/T이상	109	0.156	4804.4
	3천~5천G/T	1773	0.22064	1773.893		1만G/T미만	137	0.153	3825.3
	5천~7천G/T	3616	0.10823	3616.04		1만~2만G/T	183	0.204	2869.0
	7천~1만G/T	3093	0.12653	3093.272		2만~3만G/T	63	0.071	8238.2
1만~2만G/T	1731	0.22606	1731.362	3만~4만G/T		276	0.308	1900.2	
3 부두	2만G/T이상	2031	0.19263	2031.832	감만 터미널	4만~5만G/T	97	0.108	5418.6
	5천G/T미만	515	0.49662	515.7572		5만G/T이상	140	0.156	3751.6
	5천~7천G/T	2641	0.09697	2641.16		1만G/T미만	128	0.153	4083.9
	7천~1만G/T	1253	0.20426	1253.967		1만~2만G/T	171	0.204	3062.9
1만~2만G/T	1484	0.17255	1484.412	2만~3만G/T		59	0.071	8804.0	
4 부두	2만G/T이상	8653	0.0296	8653.222	3만~4만G/T	259	0.308	2029.3	
	5천G/T미만	1405	0.64774	374.0287	4만~5만G/T	90	0.108	5788.5	
	5천~7천G/T	304	0.14054	1723.805	5만G/T이상	131	0.156	4006.1	
	7천~1만G/T	332	0.15307	1582.774	1만G/T미만	51	0.153	10186.0	
1만G/T이상	127	0.05863	4132.088	감만 확장	1만~2만G/T	68	0.204	7650.7	
5부두	500G/T미만	362	1.000		1448.732	2만~3만G/T	23	0.071	21991.6
7 부두	3천G/T미만	1403	0.64141		374.5827	3만~4만G/T	103	0.308	5063.6
	3천~5천G/T	658	0.30119		797.7098	4만~5만G/T	36	0.108	14439.6
	5천~7천G/T	60	0.02768		8679.891	5만G/T이상	52	0.156	9992.4
	7천~1만G/T	19	0.00911	26373.46	우암 터미널	1만G/T미만	35	0.153	14681.6
	1만~2만G/T	45	0.02060	11661.52		1만~2만G/T	47	0.204	11018.9
2만G/T이상	27	0.01261	19047.27	2만~3만G/T		16	0.071	31662.7	
M 묘박지	5백G/T미만	32	0.38921	16327.01	3만~4만G/T	72	0.308	7289.9	
	3천~5천G/T	23	0.28487	22306.88	4만~5만G/T	25	0.108	20774.7	
	7천~1만G/T	9	0.11488	55311.81	5만G/T이상	36	0.156	14400	
2만G/T이상	17	0.21102	30114.29						

Table 3.3 Minimum time interval required to enter each channel

부두명	선박크기	대표선박 길이(m)	최소이격 거리(m)	최소진입시 간격(분)	부두명	선박크기	대표선박 길이(m)	최소이격 거리(m)	최소진입시 간격(분)	
국제여객	3천G/T미만	80	981.2	4	O 표박지	5백~3천G/T	80	981.2	4	
	5천~7천G/T	115	1410.5	5.7		3천~5천G/T	100	1220.5	4.9	
	7천~1만G/T	130	1594.5	6.5		100G/T미만	20	245.3	0.9	
1부두	5백G/T미만	50	613.3	2.5	경인부두	1천~3천G/T	75	919.9	3.7	
	5백~3천G/T	80	981.2	4		3천~5천G/T	100	1220.5	4.9	
	3천~5천G/T	100	1226.5	4.9		5천~7천G/T	115	1410.5	5.7	
	5천~7천G/T	115	1410.5	5.7	영도돌핀	5백G/T미만	50	613.3	2.5	
	1만~2만G/T	150	1839.8	7.5		5천G/T이상	130	1594.5	6.5	
2부두	3천G/T미만	80	981.2	4	자성대	1만G/T미만	115	1410	5.7	
	3천~5천G/T	100	1226.5	4.9		1만~2만G/T	152	1864.3	7.5	
	5천~7천G/T	115	1410.5	5.7		2만~3만G/T	212.9	2611.2	10.6	
	7천~1만G/T	130	1594.5	6.5		3만~4만G/T	241.5	2962	12	
	1만G/T이상	200	2453	9.9		4만~5만G/T	250.5	3072.4	12.4	
중앙부두	3천G/T미만	80	981.2	4	신선대	5만G/T이상	294.0	3605.9	14.6	
	3천~5천G/T	100	1226.5	4.9		1만G/T미만	115	1410	5.7	
	5천~7천G/T	115	1410.5	5.7		1만~2만G/T	152	1864.3	7.5	
	7천~1만G/T	130	1594.5	6.5		2만~3만G/T	212.9	2611.2	10.6	
	1만~2만G/T	150	1839.8	7.5		3만~4만G/T	241.5	2962	12	
	2만G/T이상	200	2453	9.9		4만~5만G/T	250.5	3072.4	12.4	
3부두	5천G/T미만	100	1226.5	4.9	감만 터미널	5만G/T이상	294.0	3605.9	14.6	
	5천~7천G/T	115	1410.5	5.7		1만G/T미만	115	1410	5.7	
	7천~1만G/T	130	1594.5	6.5		1만~2만G/T	152	1864.3	7.5	
	1만~2만G/T	150	1839.8	7.5		2만~3만G/T	212.9	2611.2	10.6	
4부두	2만G/T이상	200	2453	9.9	5부두	3만~4만G/T	241.5	2962	12	
	5천G/T미만	100	1220	4.9		4만~5만G/T	250.5	3072.4	12.4	
	5천~7천G/T	115	1410.5	5.7		5만G/T이상	294.0	3605.9	14.6	
	7천~1만G/T	130	1594.5	6.5		감만 확장	1만G/T미만	115	1410	5.7
	1만G/T이상	150	1839.8	7.5			1만~2만G/T	152	1864.3	7.5
7부두	500G/T미만	50	613.3	2.5	2만~3만G/T		212.9	2611.2	10.6	
	3천G/T미만	80	981.2	4	3만~4만G/T		241.5	2962	12	
	3천~5천G/T	100	1226.5	4.9	4만~5만G/T		250.5	3072.4	12.4	
	5천~7천G/T	115	1410.5	5.7	5만G/T이상	294.0	3605.9	14.6		
	7천~1만G/T	130	1594.5	6.5	우암 터미널	1만G/T미만	115	1410	5.7	
1만~2만G/T	150	1839.8	7.5	1만~2만G/T		152	1864.3	7.5		
2만G/T이상	200	2453	9.9	2만~3만G/T		212.9	2611.2	10.6		
M 표박지	5백G/T미만	50	613.3	2.5		3만~4만G/T	241.5	2962	12	
	3천~5천G/T	100	1220.5	4.9		4만~5만G/T	250.5	3072.4	12.4	
	7천~1만G/T	130	1594.5	6.5	5만G/T이상	294.0	3605.9	14.6		
	2만G/T이상	200	2453	9.9						

Table 3.4 Transit priority at each crossing point

교차부위 번호	선박진입 방향	통행우선권	교차부위 번호	선박진입 방향	통행우선권
1	*M묘박지→제1출항항로 *제1출항 항로	제1출항항로	16	*제1입항 항로→국제여객등 *제1출항 항로	제1출항 항로
2	*제1입항 항로→M묘박지 *제1출항 항로	제1출항항로	17	*2부두→제1출항 항로 *제1출항 항로	2부두→제1출항 항로
3	*신선대→제1출항항로 *제1출항 항로	제1출항항로	18	*제1입항 항로→2부두 *제1출항 항로	제1출항 항로
4	*O묘박지→제1출항항로 *제1출항 항로	제1출항 항로	19	*자성대→제1출항 항로 *제1입항 항로→국제여객등	자성대→제1출항 항로
5	*제1입항 항로→O묘박지 *제1출항 항로	제1출항 항로	20	*자성대→제1출항 항로 *제1입항 항로→2부두	자성대→제1출항 항로
6	*감만부두→제1출항 항로 *제1출항 항로	제1출항 항로	21	*7부두→제1출항 항로 *제1입항 항로→국제여객등	7부두→제1출항 항로
7	*경인부두→제1출항 항로 *제1출항 항로	제1출항 항로	22	*7부두→제1출항 항로 *제1입항 항로→2부두	7부두→제1출항 항로
8	*제1입항 항로→경인 부두 *제1출항 항로	제1출항 항로	23	*제1입항 항로→국제여객등 *우암부두→제1출항 항로	우암부두→제1출항 항로
9	*감만확장→제1출항 항로 *제1출항 항로	제1출항 항로	24	*우암부두→제1출항 항로 *제1입항 항로→2부두	우암부두→제1출항 항로
10	*영도돌핀→제1출항 항로 *제1출항 항로	영도돌핀→제1출항 항로	25	*자성대→제1입항항로 *제1입항 항로	자성대→제1출항 항로
11	*제1입항 항로→영도돌핀 *제1출항 항로	제1출항 항로	26	*7부두→제1입항 항로 *제1입항 항로	7부두→제1입항 항로
12	*우암부두→제1출항 항로 *제1출항 항로	제1출항 항로	27	*우암부두→제1입항 항로 *제1입항 항로	우암부두→제1입항 항로
13	*7부두→제1출항 항로 *제1출항 항로	제1출항 항로	28	*감만 확장→제1입항 항로 *제1입항 항로	제1입항 항로
14	*자성대→제1출항 항로 *제1출항 항로	제1출항 항로	29	*감만부두→제1입항 항로 *제1입항 항로	제1입항 항로
15	*국제여객등→제1출항 항로 *제1출항 항로	국제여객등→제1출항 항로	30	*신선대→제1입항 항로 *제1입항 항로	제1입항 항로

박의 대기시간이 각 교차지점에 기록된다. 예를 들어 <Fig. 3.1>에서와 같이 교차지점 30(POINT 30)의 경우 제1항로로 입항하는 선박과 신선대에서 출항하는 선박이 교차하게 되는데, 이 경우 우선순위 원칙에 따라 신선대에서 출항 하는 선박이 피항해야 할 의무를 지니게 된다. 모형은 위와 같은 방식으로 1년(525600분)동안 실행되며, 1년 동안에 수행된 각 지점의 기본 통계자료와 평균대기시간, 평균대기선박 수뿐만 아니라, 각 지점별 선박의 대기할 확률, 이용률 등의 자료도 얻을 수 있다.

### 4. 시뮬레이션 결과 및 분석

#### 4.1 평균대기시간

수로의 진입부에서는 선박간 최소 이격거리를 고려한 대기의 발생은 거의 나타나지 않고 있다. 따라서 일반적인 수로의 능력으로 판단되는 수로 진입부에서의 대기가 거의 발생하지 않아 수로자체의 능력은 문제가 되지 않는 것으로 판단된다.

각 교차지점별 평균 대기시간은 <Table 4.1>과

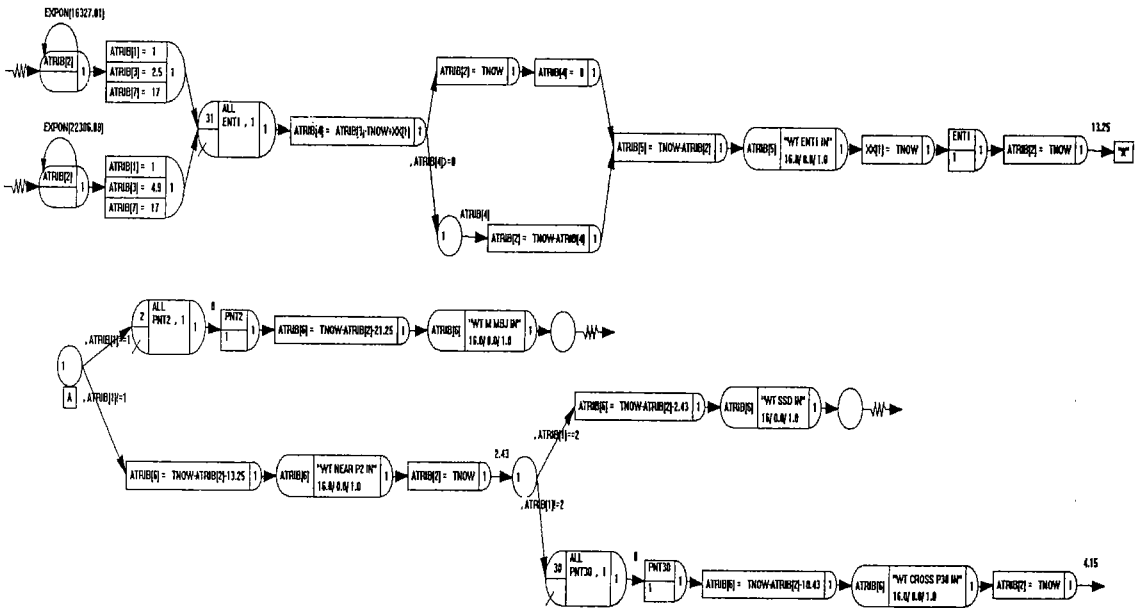


Fig. 3.4 Arrival route Network Model

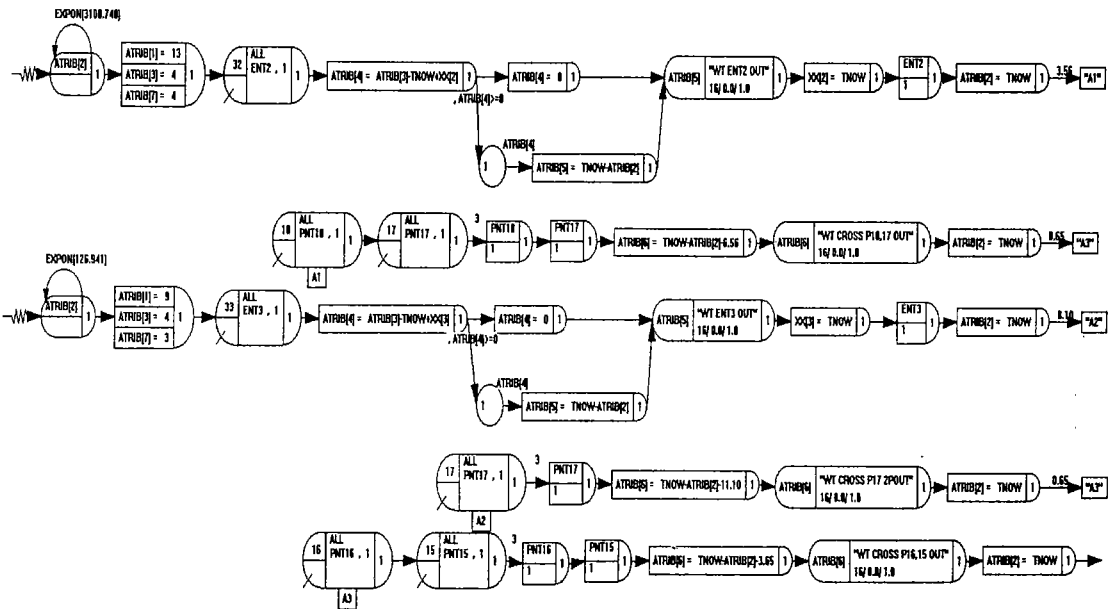


Fig. 3.5 Departure route Network Model

Table 4.1 Average waiting time at each crossing point

교차부위 번호	선박진입 방향	평균대기시간 (분)	교차부위 번호	선박진입 방향	평균대기시간 (분)
1	*M묘박지→제1출항항로 *제1출항 항로	1.65 0.08	16	*제1입항 항로→국제여객등 *제1출항 항로	0.06 0.08
2	*제1입항 항로→M묘박지 *제1출항 항로	21.53 0.08	17	*2부두→제1출항 항로 *제1출항 항로	0.19 0.21
3	*신선대→제1출항항로 *제1출항 항로	1.21 0.14	18	*제1입항 항로→2부두 *제1출항 항로	9.61 0.21
4	*O묘박지→제1출항항로 *제1출항 항로	1.14 0.20	19	*자성대→제1출항 항로 *제1입항 항로→국제여객등	0.07 6.57
5	*제1입항 항로→O묘박지 *제1출항 항로	1.43 0.20	20	*자성대→제1출항 항로 *제1입항 항로→2부두	0.07 6.55
6	*감만부두→제1출항 항로 *제1출항 항로	3.25 0.13	21	*7부두→제1출항 항로 *제1입항 항로→국제여객등	0.07 6.57
7	*경인부두→제1출항 항로 *제1출항 항로	1.48 0.10	22	*7부두→제1출항 항로 *제1입항 항로→2부두	0.07 6.55
8	*제1입항 항로→경인 부두 *제1출항 항로	1.19 0.10	23	*제1입항 항로→국제여객등 *우암부두→제1출항 항로	6.57 0.07
9	*감만확장→제1출항 항로 *제1출항 항로	8.26 1.84	24	*우암부두→제1출항 항로 *제1입항 항로→2부두	0.07 6.55
10	*영도돌핀→제1출항 항로 *제1출항 항로	0.18 0.009	25	*자성대→제1입항항로 *제1입항 항로	0.24 0.001
11	*제1입항 항로→영도돌핀 *제1출항 항로	0.16 0.009	26	*7부두→제1입항 항로 *제1입항 항로	0.12 0.06
12	*우암부두→제1출항 항로 *제1출항 항로	0.14 0.08	27	*우암부두→제1입항 항로 *제1입항 항로	0.13 0.01
13	*7부두→제1출항 항로 *제1출항 항로	0.08 0.15	28	*감만 확장→제1입항 항로 *제1입항 항로	3.79 0.06
14	*자성대→제1출항 항로 *제1출항 항로	1.77 0.009	29	*감만부두→제1입항 항로 *제1입항 항로	3.29 0.13
15	*국제여객등→제1출항 항로 *제1출항 항로	0.119 0.08	30	*신선대→제1입항 항로 *제1입항 항로	7.88 3.28

같다. 평균대기시간이 가장 길게 나타난 곳은 M묘박지로 입항하는 선박과 각 부두에서 출항하는 선박이 교차하는 지점으로, 평균 약 21.5분 정도의 대기가 발생하였다. 이는 항로상 각 부두에서 출항하는 모든 선박이 이 지점을 통과하며, 우선권의 측면에서도 M묘박지로 진입하는 선박이 출항하는 선박에 대해 피항할 의무를 지니므로 대기시간이 가장 길게 나타난 것으로 판단된다. 마찬가지로, 신선대부두의 경우도 신선대에서 출항하는 선박이 입항항로를 가로질러 출항하기 때문에 부산항에 입항하는 선박과

빈번한 교차가 발생하여, 평균 약7.9분 정도의 대기가 발생함을 알 수 있다. 다음으로, 2부두로 입항하는 선박과 중앙, 3, 4, 5부두에서 출항하는 선박이 교차하는 지점에서 평균 약 9.6분 정도의 대기가 발생하였다. 이 지점에서의 대기의 주요 요인은 중앙부두, 3, 4, 5부두가 거리상으로 매우 인접하여 있기 때문에 이 지점을 통항하는 선박들이 교차하는 경우가 빈번히 발생하고 있는 것으로 판단할 수 있다. 평균 6분~7분사이의 대기시간이 발생한 지점을 분석해 보면, 항로상 복잡하게 얽혀 있는 부분으로 2

Table 4.2 Average waiting length and occupied rate

선박 위치	대기하지 않을 확률	5분이하 대기할 확률	10분이상 대기할 확률	선박 위치	대기하지 않을 확률	5분이하 대기할 확률	10분이상 대기할 확률
M묘박지입항	0.6438	0.2054	0.0274	M묘박지출항	1.0000	0.0000	0.0000
신선대입항	0.8848	0.1152	0.0000	신선대출항	1.0000	0.0000	0.0000
O묘박지입항	0.2903	0.5865	0.0118	O묘박지출항	1.0000	0.0000	0.0000
감만부두입항	0.1704	0.8296	0.0000	감만부두출항	1.0000	0.0000	0.0000
경인부두입항	0.2657	0.6086	0.0000	경인부두출항	1.0000	0.0000	0.0000
감만확장입항	0.5797	0.4203	0.0000	감만확장출항	1.0000	0.0000	0.0000
영도돌핀입항	0.5964	0.4036	0.0000	영도돌핀출항	1.0000	0.0000	0.0000
국제여객,1부두입항	0.9580	0.0420	0.0000	국제여객,1부두출항	1.0000	0.0000	0.0000
2부두입항	0.0000	0.0000	1.0000	2부두출항	1.0000	0.0000	0.0000
우암부두입항	0.6814	0.3186	0.0000	우암부두출항	1.0000	0.0000	0.0000
7부두입항	0.0500	0.9500	0.0000	7부두출항	1.0000	0.0000	0.0000
자성대입항	0.8002	0.1998	0.0000	자성대출항	1.0000	0.0000	0.0000
중앙,3,4,5입항	0.7960	0.2040	0.0000	중앙,3,4,5출항	1.0000	0.0000	0.0000

부두와 국제여객터미널 및 1부두에 입항하는 선박과 자성대, 7부두, 우암부두에서 출항하는 선박간의 교차가 발생하는 지점들로써, 항로의 특성상 항내에 위치하여 많은 교차지점이 발생함에 따라, 선박간 충돌의 위험소지도 지니고 있다고 볼 수 있다.

그 외의 부분에서는 평균 0.1분~3분 정도의 대기가 발생할 것으로 분석되며, 직선항로(제1입항·출항로)를 따라 통항하는 선박들은 개항질서 법에 의거한 우선권을 지니고있는 등의 요인으로 비교적 양호한, 평균 0.1분~2분 정도의 대기가 발생할 것으로 분석되었다. 따라서, 앞서 언급한 것과 같이 주 항로의 수로자체의 능력은 큰 문제가 되지 않을 것으로 분석된다.

#### 4.2 평균대기선박 수

수로에 있어서 평균대기 선박의 수는 진입부 및 교차지점을 통과하는 데 있어서 선행선박이 대기함에 따라 진입하지 못하고 대기하여 발생한 대기열의 길이를 나타내고 있는 것으로, 수로의 상황을 판단하는 중요한 지표이다. <Table 4.2>를 참조해 보면, 부산항의 경우 선행선박의 대기로 말미암아 발생하

는 대기척수가 대략 평균 1척 이하인 것을 알 수 있다. 즉, 위에서 제시한 평균대기시간과 종합하여 고려해 보면, 대기가 발생하는 지점은 있으나, 평균적으로 대기상황이 극심하여 뒤에 오는 선박이 대기하여야 하는 경우는 거의 발생하지 않을 것으로 분석된다.

1년 동안 관측된 결과를 토대로 선박이 가장 많이 대기한 지점을 살펴보면, 신선대에서 출항하는 선박과 제1항로로 입항하는 선박이 교차하는 지점에서 최대 69척이 대기한 상황이 발생하였다. 즉, 신선대에서 출항하는 선박이 입항항로를 가로질러 출항하게 되므로 부산항에 입항하는 선박과 빈번한 교차가 발생하므로 많은 대기선박이 발생한 것으로 분석된다.

<Table 4.3>은 각 위치별 선박이 대기할 확률을 나타내고 있다. 즉, 선박이 각 부두에 입항시에 선박간 교차가 발생하는 부분과 선박이 각 부두를 출항할 때 선행선박과의 이격거리를 감안한 진입부에서의 대기할 확률을 나타내고 있다. 각 부두에서 선박이 출항할 때는 선행선박과의 이격거리를 감안한 대기는 거의 발생하지 않고 있다. 입항의 경우를 살펴

보면, 8개 부두에서 대기하지 않을 확률이 57%~95%정도를 나타내고 있다. O묘박지, 감만부두, 경인부두, 2부두, 7부두에 입항시, 대기하지 않을 확률이 50%이하인 것으로 분석되었으나, 대부분 대기하는 시간이 5분 이하로 나타나고 있다. 한편, 10분 이상 대기할 확률이 가장 높은 부두는 2부두에 입항하는 경우이나, 10분 정도의 대기가 발생하는 것으로 분석되었다. 따라서, 종합적으로 살펴보면, 부산항의 각 부두에 입항시 <Table 4.3>에서 보는 바와 같이, 8개 부두에서 대기하지 않을 확률이 50%이상이고, 5개 부두에서 50% 이하의 확률을 보이고 있으며, 대부분 대기시간은 5분 이하인 것으로 분석되었다. 그리고, 출항시 이격거리를 감안한 대기는 거의 발생하지 않을 것으로 분석되었다.

#### 4.3 종합적 고찰

본 연구에서 실시한 시물레이션 결과를 종합해

Table 4.3 Waiting possibility at each ship position

교차부위 번호	평균대기 척수(척)	최대대기 척수(척)	평균 이용률	교차부위 번호	평균대기 척수(척)	최대대기 척수(척)	평균 이용률
1	0.00	3	0.33	16	0.00	6	0.05
2	0.01	4	0.33	17	0.00	6	0.04
3	0.01	2	0.33	18	0.00	15	0.07
4	0.00	2	0.31	19	0.00	1	0.01
5	0.01	2	0.31	20	0.00	1	0.04
6	0.01	4	0.30	21	0.00	1	0.05
7	0.00	3	0.29	22	0.00	2	0.08
8	0.00	3	0.29	23	0.00	1	0.02
9	0.07	37	0.29	24	0.00	2	0.05
10	0.00	2	0.11	25	0.00	5	0.03
11	0.00	1	0.11	26	0.00	4	0.08
12	0.00	9	0.10	27	0.00	7	0.06
13	0.00	10	0.09	28	0.00	5	0.29
14	0.00	6	0.05	29	0.01	5	0.30
15	0.00	6	0.05	30	0.14	69	0.32

(주) 각 교차부위의 번호는 <Fig 3.1>의 교차지점의 번호와 동일함.

보면, M묘박지로 입항하는 선박과 출항하는 선박이 교차하는 지점, 신선대에서 출항하는 선박과 입항하는 선박간의 교차점, 2부두로 입항하는 선박과 중앙, 3, 4, 5부두에서 출항하는 선박, 그리고, 2부두와 국제 여객터미널 및 1부두에 입항하는 선박과 자성대, 7부두, 우암부두에서 출항하는 선박이 교차하는 부분에서 평균 약6분~21분정도의 대기가 발생하였으며, 선행선박이 대기함으로 말미암아, 발생하는 대기 척수는 대부분 1척 이하이며, 어떤 선박이 부산항에 입항할 때 각 부두에 있어서 대기할 확률은 5분 이하가 대부분인 것으로 분석되었다. 그리고, 각 진입부에서의 선행선박과의 이격거리를 감안한 대기는 거의 발생하지 않을것으로 분석되었다. 따라서, 위의 경우를 종합해 보면, 부산항의 경우 수로 자체의 능력에는 큰 문제가 없으나, 항로의 특성상 빈번한 교차로 인한 대기가 발생하는 것으로 분석된다.

M묘박지의 경우, 출항하는 모든 선박과 M 묘박지로 입항하는 선박이 교차가 발생하게되고 묘박지의 특성상 특별한 기반시설이 필요 없기 때문에 위치의 변경도 고려해 볼 수 있다. 그리고, 부산항의 여건 상 항내에 인접해 있는 항만이 많은 관계로 항로상의 빈번한 교차가 발생하고 있다. 특히, 중앙, 3, 4, 5부두는 거리상으로 매우 인접하여 있으므로, 입항하는 선박의 수를 줄이기 위해 기타 주위의 부두로 그 기능을 분산하여 선박의 집중을 막는 것도 하나의 방안이 될 수 있을 것으로 사료된다. 따라서, 결론적으로 선박이 항로상에서 복잡하게 교차하는 부분이 많다는 것이 대기 발생의 주요 원인을 감안하여, 항내 항로의 재조정이 필요할 것으로 사료된다.

## 5. 결 론

본 연구는 2011년 선박의 교통량이 변화함에 따라 부산항의 해상교통 혼잡도를 평가함을 목적으로, 시물레이션 기법을 도입하여 그 결과를 검토하였다.

시물레이션 실시 결과, 2011년 부산항은 수로자체



의 능력에는 큰 문제가 없으나, 항로의 특성상 복잡하게 얽혀 있는 부분이 많아 선박의 대기가 빈번히 발생할 것으로 파악되었다. 따라서, 묘박지의 위치 이동 및 인접한 항만의 기능 분산화로 선박의 집중화를 막고, 아울러 보다 근본적인 항로의 재조정이 필요할 것으로 사료된다.

본 연구에 있어서 앞으로의 과제로는 우선, 일반 사용자가 쉽게 이해하고 사용할 수 있는 시스템을 개발하는 것이 필요하다. 항만의 제반여건이 변화할 때 이러한 시스템을 사용하여 시뮬레이션을 실시함으로써 정책수립에 도움을 줄 수 있으며, 또한 시뮬레이션은 구체적인 현실반영이 중요하기 때문에 이러한 문제들이 앞으로의 과제로 남아 있다.

### 참고문헌

- 1) 구자운(1997), 항계내 항로의 해상교통 혼잡도 평가에 관하여 - 울산 신항만의 혼잡도 평가를 중심으로-, 한국항만학회지 제11권 2호 pp. 173-189.
- 2) 구자운(1997), 협수로의 교통량에 따른 혼잡도 평가에 관하여, 한국해양학회지 제21권 2호 pp.19-40.
- 3) 임진수 외 2명(1996), 가덕수도 선박통항 여건 검토, 해운산업연구원.
- 4) 여기태, 구자운(1997), 부산항의 On Dock 운영화에 따른 소요 CY면적 산정에 대하여, 한국항만학회지 제11권 2호 pp. 157-172.
- 5) 임진수 외 1명(1991), 컨테이너 터미널 능력산정에 관한 연구, 해운산업연구원.
- 6) 김승연, 김동환(1993), 시스템 시뮬레이션과 시뮬레이션 언어, 흥릉과학출판사.
- 7) A. Alan B. Pritsker, Jean J. O'Reilly, David K. LaVal(1997), Simulation with Visual SLAM and AweSim, John Wiley & Sons. Inc.
- 8) 부산지방해양수산청 전산자료.