

협수로의 교통량에 따른 혼잡도 평가에 관하여

- 부산(가덕) 신항만 개발에 따른 가덕수도의 혼잡도 평가를 중심으로 -

구 자 윤*

Evaluation of Congestion due to Traffic Volume in Narrow Channel

- On Gaduk Channel according to Busan New Port Development -

*Ja-Yun Koo**

<목 차>

Abstract

1. 서 론

2. 범퍼모델의 구성

3. 일본 浦賀水道の 혼잡도 수준

4. 가덕수도의 2011년 교통량 추정

4.1 해상교통량 추정 및 이에 따른 항로 안전성 평가 개요

4.2 연안선의 가덕수도 교통량 추정

4.3 원양선의 가덕수도 교통량 추정

4.4 기타 선박의 가덕수도 교통량 추정

4.5 부산 신항만 교통량 추정

5. 부산 신항만 건설시 가덕수도의 혼잡도 평가

5.1 가덕수도내 L^2 환산 교통량

5.2 교통량 추정에 따른 소요 항로폭 평가

6. 결 론

참고문헌

Abstract

When designing new marine traffic routes, it is desirable that the congestion due to traffic volume is evaluated by theoretical traffic capacity or by traffic simulation. Most of these techniques are applied to single server which is not considered channel width.

Over-taking or parallel sailing of two or more vessels is allowable in Dover, Uraga, Gaduk-sudo, etc under their traffic capacity. In this paper, the Bumper Model is introduced to multiple servers in narrow channel and applied to Uraga Channel in Japan.

The minimum width of Uraga Channel is 1,400 m and its design traffic capacity is evaluated 19.26 ~ 19.52 % of the basic traffic capacity.

The traffic capacity on Gaduk Channel according to Busan New Port Development in 2011 will be estimated 3.59 % of maximum density and equal to 18.6 % of that on Uraga Channel in 1992. The channel width of Gaduk-sudo is designed 1,600~2,460 m and evaluated safe enough.

* 정회원, 한국해기연수원 교수

1. 서 론

항로 시스템의 능력 즉, 교통용량에 따른 혼잡도를 평가하는데는 선박이 차지하는 수면의 넓이가 기본이 되며, 이를 구하는데 해상교통의 실태를 관측 조사하는 방법과 조선역학적인 해석에 의한 방법이 있다. 그리고 이 결과를 이용하여 교통용량을 구하는데 이론적인 방법과 시뮬레이션에 의한 방법이 사용된다.

교통용량에 의한 방법은 수로의 최대 항행통항량을 선박의 최소 이격거리(정지거리)를 고려하여 구하고, 선박의 도착 패턴을 Poisson 분포로 보아 평균과 분산(표준편차의 제곱)이 같다는 결과에서 평상시의 입항가능 척수를 분석할 수 있다.

또한 시뮬레이션에 의한 방법은 수로의 상황을 수치모델화하고, 선박의 도착을 발생시켜 각 지점에서의 대기시간을 구하는 방법으로, 수로 통행시간대의 제한이나 수로진입에 있어서 특정 선박에 대한 우선권의 부여, 선박별 수로 통행속도의 변화, 최대 대기선박 수의 제한 등의 모델 구성 가정조건이 증가할수록 그 모델이 복잡하여진다.

그러나 최소 이격거리를 고려한 평균 통행척수 평가는 단선통항으로 한정되고, 시뮬레이션의 방법 또한 단선을 초과한 통항시 항법 적용 규칙 등의 복잡화로 통상 단선 모델을 적용하고 있다. 그러므로 개항질서법의 적용을 받는 항계내의 항로에 있어서는 최대선형의 선박조종특성에 따른 최소 항로폭을 기준으로 통항 혼잡도를 고려할 수 있으나, 가덕수도와 같은 항계 바깥의 항로인 경우에는 그 항로폭이 선박의 병행 통항이 가능할 정도로 충분할 시에는 단선을 기준으로 한 혼잡도 평가가 적절한 방법이 되지 못한다.

본 연구는 단선이 아닌 협수로 등의 항로에서 Bumper 모델을 이용하여 기본교통용량을 구하고, 통항량이 가장 폭주한 항로의 하나인 일본 浦賀水道의 혼잡도 수준을 평가하여 실용교통용량의 수준을 정하며, 이에 따라 2011년 부산 신항만 개발에 따른 가덕수도의 혼잡도를 평가하고자 한다.

2. 범퍼모델의 구성

범퍼 모델을 이용한 해상교통용량 추정은 환산 교통량을 기준으로 항로상에서 선박이 점유할 폐쇄영역의 규모를 의미하며, 이 때 환산교통량에 사용하는 환산의 척도는 선박에 점유하는 수면의 넓이를 표현하기 위하여 선박길이의 제곱(L^2)을 이용한 것이며, 교통량과 교통용량을 비교할 때에 이용한다. 본 연구에서 사용하는 표준선은 우리나라 연안선 평균톤수(1995년 기준)에 가까운 약 1,000 G/T급(길이 70m) 선박을 기준으로 하였다.

기본 교통용량(Basic traffic capacity)¹⁾이란 이론적인 최대 교통용량으로, 시정 4마일 이상, 풍력 3이하 또는 풍속 10 kts 이하, 조류 유속 3 kts 이하의 통상의 항행조건에서 거의 같은 크기의 선박이 거의 같은 정도의 속력으로 일정폭의 직선모양의 수로를 한 방향으로 단위시간에 통과할 수 있는 최대 척수를 의미한다.

항로형태와 항행조건(조류, 풍압 등)을 고려한 항행실태에 의해 후방 폐쇄영역을 설정하여 최대 교통밀도와 기본 교통용량을 결정하는데, 후방폐쇄영역은 일본 浦賀水道의 경우 교통량 관측에 의해 <표 1>과 같이 장직경 8L, 단직경 3.2L을 가지고, 이 구간의 평균 선속은 11kts²⁾를 기준으로 하는데, 이 속력은 크기가 대소인 선박이 혼재해 협수도를 항해하는 속력분포 11 ± 3 kts에 기인한다.

<표 1> 범퍼모델의 범위와 평균 항행속력

구 분	후방폐쇄영역		평균 항행속력
	장직경	단직경	
일본 浦賀水道	8L	3.2L	11.0kts(20.37Km/h)

(주) 1965-1966년 일본 浦賀水道 관측자료, 海上交通工學, 藤井弥平 외 2명, 海文堂, PP.122, 1981.

$$Q = \frac{1}{rs} WV$$

- 단, Q : 기본 교통용량 (척/시)
- r : 후방폐쇄영역의 장직경 (Km)
- s : 후방폐쇄영역의 단직경 (Km)
- W : 항로폭 (Km)
- V : 선속(Km/h)

한편, 실용 교통용량(설계 교통용량)이란 기상상태의 출현빈도, 선박항행의 자유성, 교통사고의 예상 발생수, 적용되는 교통관리의 양식, 항로의 교통체계에 따라 정해지는 서비스 수준과 실선박의 통행가능 용량 등으로부터 정해지는 용량이다. 실제 허용가능 교통량의 한도인 실용 교통용량은 교통관리가 없는 경우 기본 교통용량의 1/4 수준²⁾으로 보고 있으며, 제3장에서 일본 浦賀水道의 교통용량을 평가하여 실용교통용량의 수준을 비교하고자 한다.

3. 일본 浦賀水道의 혼잡도 수준

일본 浦賀水道내 선박 크기별 교통량 실적 (입항

기준)은 1991년이 <표 2>, 1992년이 <표 3>과 같고, 항해중인 선박이나 정박중인 선박을 위한 필요한 해면의 면적은 보통 L^2 에 비례하며, 이를 이용하여 항로의 교통용량을 평가하고자 한다. <표 4>는 일본의 톤수 구간별 대표 선박길이와 L^2 환산계수를 나타내고 있다. 이 때 표준선의 크기는 1995년 우리나라 연안선 평균톤수에 가까운 약 1,000 G/T급(선장 70m)을 사용하였고, 이는 우리나라의 교통용량과 비교·평가할 목적으로 정하였다.

따라서 선박 크기별 교통량 실적을 L^2 환산계수를 적용하여 L^2 환산 통항량(입항기준)으로 환산하면 <표 5>와 같고, 이를 다시 시간당 평균 L^2 환산 통항량(왕복기준)으로 환산하면 <표 6>과 같다.

<표 2> 1991년 일본 浦賀水道내 선박 크기별 교통량 실적 (입항기준)

항 만	선 종	5~100 G/T	100~500 G/T	500~1,000 G/T	1,000~3,000 G/T	3,000~6,000 G/T	6,000~10,000 G/T	10,000 G/T 이 상	합 계
東京 (Tokyo)	외항상선	-	236	317	689	1,081	492	2,535	5,350
	내항상선	2,534	39,788	1,435	769	2,499	286	219	47,530
	자 항	-	-	-	-	-	383	782	1,165
	어 선	-	24	-	-	-	-	-	24
	기 타	3	71	38	127	63	9	7	318
	계	2,537	40,119	1,790	1,585	3,643	1,170	3,543	54,387
橫 浜 (Yokohama)	외항상선	-	53	116	1,591	2,396	1,785	6,277	12,218
	내항상선	3,089	26,366	7,683	3,754	2,404	235	119	43,650
	어 선	-	-	-	-	-	-	5	5
	기 타	-	77	143	142	144	5	6	517
	계	3,089	26,496	7,942	5,487	4,944	2,025	6,407	56,390
川 崎 (Kawasaki)	외항상선	-	11	36	165	294	116	1,226	1,848
	내항상선	5,992	32,284	8,074	2,807	956	124	9	50,246
	자 항	-	-	8,414	-	-	305	21	8,740
	기 타	-	5	10	13	2	7	15	52
	계	5,992	32,300	16,534	2,985	1,252	552	1,271	60,886
橫 須 賀 (Yokosuka)	외항상선	-	48	60	40	17	24	281	470
	내항상선	1,635	8,485	1,254	277	326	195	6	12,178
	자 항	-	-	-	7,893	-	-	-	7,893
	어 선	1	61	1	-	-	-	-	63
	피 난 선	-	-	-	4	-	-	-	4
	기 타	69	6,568	119	524	339	23	8	7,650
	계	1,705	15,162	1,434	8,738	682	242	295	28,258

(주) 日本 港灣統計(年報), 運輸省運輸政策局情報管理部編集·社團法人 日本港灣協會, 1992

〈표 3〉 1992년 일본 浦賀水道내 선박 크기별 교통량 실적 (입항기준)

항 만	선 종	5~100 G/T	100~500 G/T	500~1,000 G/T	1,000~3,000 G/T	3,000~6,000 G/T	6,000~10,000 G/T	10,000 G/T 이상	합 계
東京 (Tokyo)	외항상선	-	202	259	651	815	416	2,257	4,600
	내항상선	4,656	34,299	1,528	800	2,456	286	224	44,249
	자 항	-	-	-	-	-	366	760	1,126
	어 선	-	5	-	-	-	-	-	5
	기 타	-	58	26	86	60	-	3	233
	계	4,656	34,564	1,813	1,537	3,331	1,068	3,244	50,213
橫 浜 (Yokohama)	외항상선	-	47	155	1,549	2,395	1,909	6,416	12,471
	내항상선	3,612	24,283	7,425	4,590	2,668	262	150	42,990
	어 선	-	-	-	-	-	1	3	4
	기 타	-	10	58	48	106	2	2	226
		계	3,612	24,340	7,638	6,187	5,169	2,174	6,571
川 崎 (Kawasaki)	외항상선	-	15	88	172	234	155	1,202	1,866
	내항상선	6,731	31,791	8,014	2,890	1,009	120	12	50,567
	자 항	-	-	8,571	-	-	73	261	8,905
	기 타	-	-	3	16	9	3	10	41
		계	6,731	31,806	16,676	3,078	1,252	351	1,485
橫 須 賀 (Yokosuka)	외항상선	-	38	47	54	16	28	259	442
	내항상선	102	8,042	1,245	270	302	195	3	10,159
	자 항	-	-	-	7,746	-	-	-	7,746
	어 선	-	74	1	-	-	1	-	76
	피 난 선	9	30	4	11	-	-	-	54
	기 타	1,436	5,773	144	597	220	21	6	8,197
		계	1,547	13,957	1,441	8,678	538	245	268

(주) 日本 港灣統計(年報), 運輸省運輸政策局情報管理部編集・社團法人 日本港灣協會, 1993

〈표 4〉 일본의 톤수 구간별 대표 선박길이와 L^2 환산계수

총 톤 수	5~100 G/T	100~500 G/T	500~1,000 G/T	1,000~3,000 G/T	3,000~6,000 G/T	6,000~10,000 G/T	10,000 G/T 이상
수선 간장(m)	7~26	26~50	50~70	70~90	90~115	115~140	140~330
평균 톤수(G/T)	78	286	710	2,310	4,232	7,680	30,055
대표 길이(m)	20	40	60	80	100	120	180
L 환산계수	0.29	0.57	0.86	1.14	1.43	1.71	2.57
L^2 환산계수	0.08	0.32	0.74	1.30	2.04	2.92	6.60

- (주) 1. 선박제원 : 항만시설물 건설기준서 (상권), 해운항만청, 1993, PP.12-14
 海上交通工學, 藤井弥平 외 2명, 海文堂, 1981, P.45, P.180
 2. 평균톤수 : 1992년 일본 浦賀水道 선박입항(톤급) 구간에서의 평균톤수
 3. 표준선 : 1995년 우리나라 연안선 평균톤수에 가까운 약 1,000 G/T급(길이 70m)을 기준함.

〈표 5〉 1991~1992년 일본 浦賀水道내 L^2 환산 교통량 (입항기준)

연 도	선 박 크 기	浦賀水道 교통량 (입항 기준)					L^2 환산 계수	浦賀水道 L^2 환산 교통량 (입항기준)
		東京 (Tokyo)	橫 浜 (Yoko-hama)	川 崎 (Kawa-saki)	橫 須 賀 (Yoko-suka)	소 계		
1991년	5~100G/T	2,537	3,089	5,992	1,705	13,323	0.08	1,065.8
	100~500G/T	40,119	26,496	32,300	15,162	114,077	0.32	36,504.6
	500~1,000G/T	1,790	7,942	16,534	1,434	27,700	0.74	20,498.0
	1,000~3,000G/T	1,585	5,487	2,985	8,738	18,795	1.30	24,433.5
	3,000~6,000G/T	3,643	4,944	1,252	682	10,521	2.04	21,462.8
	6,000~10,000G/T	1,170	2,025	552	242	3,989	2.92	11,647.9
	10,000G/T 이상	3,543	6,407	1,271	295	11,516	6.60	76,005.6
총 계	54,387	56,390	60,886	28,258	199,921	-	191,618.2	
1992년	5~100G/T	4,656	3,612	6,731	1,547	16,546	0.08	1,323.7
	100~500G/T	34,564	24,340	31,806	13,957	104,667	0.32	33,493.4
	500~1,000G/T	1,813	7,638	16,676	1,441	27,568	0.74	20,400.3
	1,000~3,000G/T	1,537	6,187	3,078	8,678	19,480	1.30	25,324.0
	3,000~6,000G/T	3,331	5,169	1,252	538	10,290	2.04	20,991.6
	6,000~10,000G/T	1,068	2,174	351	245	3,838	2.92	11,207.0
	10,000G/T 이상	3,244	6,571	1,485	268	11,568	6.60	76,348.8
총 계	50,213	55,691	61,379	26,674	193,957	-	189,088.8	

〈표 6〉 1991년~1992년 일본 浦賀水道내 시간당 평균 L^2 환산 왕복통항량

구 분	1991년	1992년
일본 浦賀水道	44.36	43.77

(주) 시간당 평균 왕복통항량 = [(연평균 편도 통항량 × 2) / 360일] / 24시간

일본 浦賀水道내 최소 항로폭은 편도 약 700m,

〈표 7〉 일본 浦賀水道내 교통량에 따른 항로폭 평가

구 분	기 존 왕복항로폭 (m)	기 본 교통용량 (척/시)	실 용 교통용량 (척/시)	일본 浦賀水道 통항실적			
				1991년		1992년	
				통항실적 (척/시)	기본교통용량 대비 (%)	통항실적 (척/시)	기본교통용량 대비 (%)
항로폭 평 가	1400	227.3	56.8	44.36	19.52	43.77	19.26

왕복 1400m를 확보하고 있으며, 이 구간에서의 범퍼 모델의 범위와 평균 항행속력은 관측치인 〈표 1〉을 적용한다.

따라서, 일본 浦賀水道내 교통량에 따른 항로폭의 수준은 〈표 7〉과 같이 1991년과 1992년 통항실적과 대비하면 기본 교통용량의 19.26 ~ 19.52 %의 수준을 가지며, 현재의 1400m 항로폭으로 실용 교통용량의 수준을 수용하고 있음이 평가된다.

4. 가덕수도의 2011년 교통량 추정

4.1 해상 교통량 추정 및 이에 따른 항로 안전성 평가 개요

가덕수도 주변지역의 교통량을 평가하여 가덕수도와 부산(가덕) 신항만 진입항로의 혼잡도를 평가

하기 위하여 그림 1.~그림 3.과 같은 흐름도로 항로폭의 적정성을 검토한다.

그림 1.은 기존 가덕수도의 2011년 까지의 교통량의 추정방법에 대한 흐름도이며, 그림 2.는 부산 신항만의 2011년까지 교통량 추정방법에 대한 흐름도이고, 그림 3.은 이들 양 추정 교통량을 가지고서 항로폭의 적정성을 검토하는 흐름도이다.

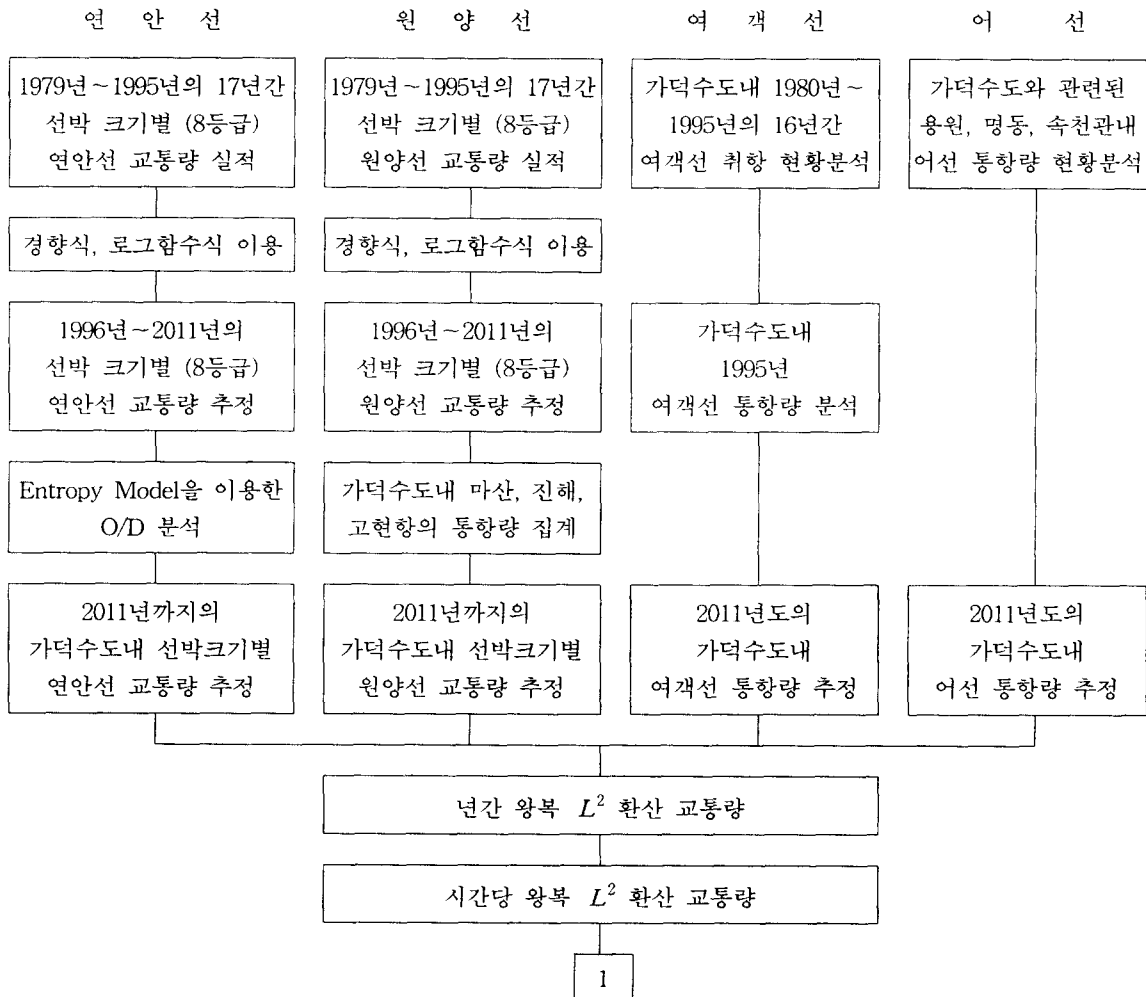


그림 1. 기존 가덕수도의 2011년 까지의 교통량 추정

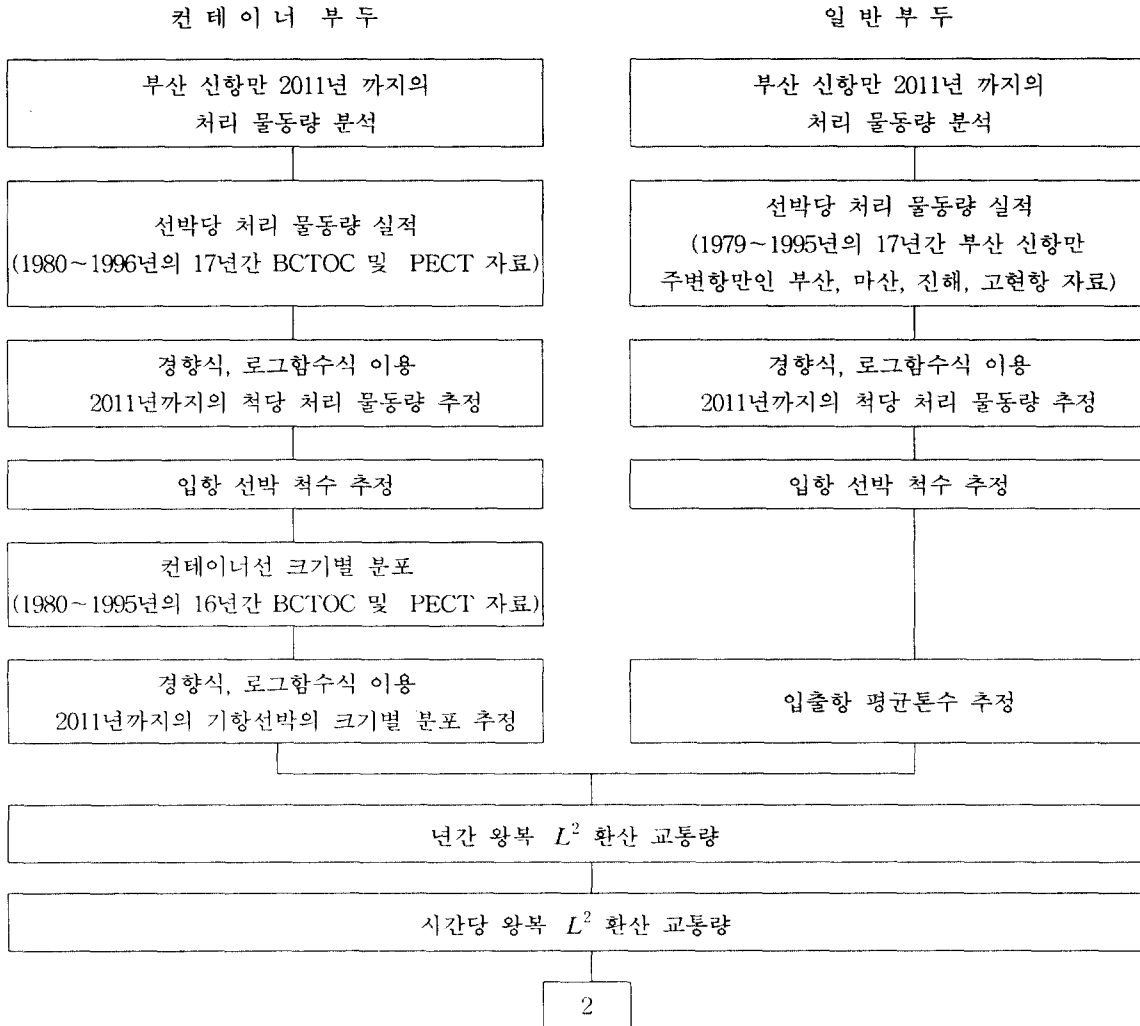


그림 2. 부산 신항만의 2011년까지의 교통량 추정

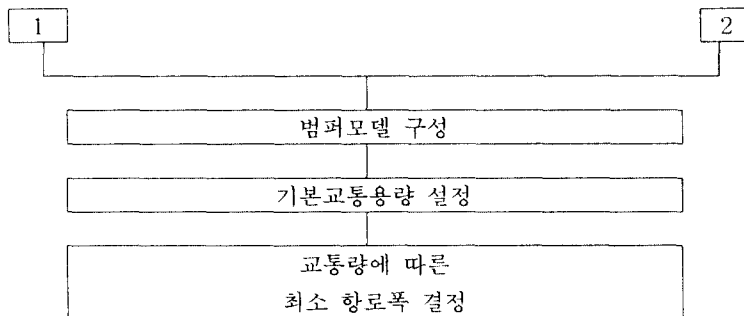


그림 3. 추정된 교통량에 따른 항로폭 적정성 평가

4.2 연안선의 가덕수도 교통량 추정

우리나라에는 1995년말 기준 27개 무역항과 18개 연안항을 확보하고 있고, 이들중 가덕수도에 영향을 미치는 항만은 무역항으로서 마산항, 진해항 및 고현항을 들 수 있고, 연안항은 대상 항만이 없다.

따라서 우리나라 27개 무역항에 대하여 이들 항만의 과거 1979년부터 1995년까지의 17년간의 선박 크기별 연안선 교통량 실적을 기초로 경향식과 로그 함수식을 이용하여 2006년 및 2011년의 각 항만별 연안선 교통량을 추정한다.

한편, 해당 연도의 추정된 항만별 연안선 교통량을 가지고 Entropy Model³⁾을 이용하여 27개 각 항만에 대하여 O/D 분석(Origin-Destination Analysis)⁴⁾을 행하여 해당 수로, 특히 가덕수도내의 연안선 교통

량을 추정하고자 한다.

2011년 까지의 27개 각 항만별 연안선 교통량의 추정과 Entropy Model을 이용한 27개 항만의 연안선 O/D 분석 결과중에서, 본 연구에는 가덕수도에 관련된 지역만 발췌하여 나타내고자 한다.

1) 항별 교통량 추정

마산항과 진해항의 1979년 ~ 1995년의 17년간 선박 크기별 연안선 교통량(입항기준) 실적과 고현항의 1984년 ~ 1995년의 12년간 선박 크기별 연안선 교통량(입항기준) 실적을 기준으로, 연안선 교통량을 2011년까지 경향식으로 추정한 결과는 <표 8>, 지수함수로 추정한 결과는 <표 9>와 같다. 따라서 각각의 추정 결과를 평균한 <표 10>의 결과를 마산, 진해 및 고현항의 2011년도 선박 크기별 연안선 교통량으로 채택한다.

<표 8> 경향식에 의한 2011년도 항만별 교통량의 추정

항 만	x	추 정 치 [$y = ax + b$]							
		100G/T 미만	100~500 G/T	500~3,000 G/T	3,000~5,000 G/T	5,000~7,000 G/T	7,000~10,000 G/T	10,000~20,000 G/T	20,000 G/T이상
마산항	33	0	834	3,068	544	107	0	0	0
추정함수 계 수 치	a	-150.7	-48.7	86.4	15.9	3.8	0.0	0.0	0.0
	b	3,361.9	2,442.1	216.1	17.7	-17.3	0.0	0.2	-0.1
진해항	33	49	0	723	1	0	0	0	0
추정함수 계 수 치	a	-1.0	-14.2	21.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	b	81.4	420.5	-0.5	-0.2	-0.1	0.0	0.0	0.0
고현항	33	95	6622	625	0	0	0	0	0
추정함수 계 수 치	a	3.5	24.4	23.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	b	-20.6	-143.4	-133.2	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

<표 9> 로그함수식에 의한 2011년도 항만별 교통량의 추정

항만	x	추정치 [$y = b + a \text{Log}(x+1)$]							
		100 G/T 미만	100~500 G/T	500~3,000 G/T	3,000~5,000 G/T	5,000~7,000 G/T	7,000~10,000 G/T	10,000~20,000 G/T	20,000 G/T이상
마산항	16	0	1,844	3,223	489	204	0	0	0
추정함수 계수치	a	-788.2	-9.7	458.7	66.5	39.4	0.0	-0.1	-0.1
	b	380.0	1,871.0	1,923.0	301.0	92.0	0.0	0.0	0.0
진해항	16	128	141	646	0	0	0	0	0
추정함수 계수치	a	12.0	-28.5	87.7	-0.2	-0.1	0.0	0.0	0.0
	b	94.0	222.0	397.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
고현항	16	340	952	518	0	0	0	0	0
추정함수 계수치	a	74.8	183.9	82.2	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
	b	128.0	431.0	285.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

<표 10> 2011년도 항만별 교통량의 채택 추정치

항만별	채택추정치 (경향식 및 로그함수식에 의한 추정량의 평균치)							
	100 G/T미만	100~500 G/T	500~3,000 G/T	3,000~5,000 G/T	5,000~7,000 G/T	7,000~10,000 G/T	10,000~20,000 G/T	20,000 G/T이상
마산항	0	1,339	3,145	516	155	0	0	0
진해항	89	71	684	0	0	0	0	0
고현항	218	807	572	0	0	0	0	0

2) 가덕수도내 연안선 교통량 추정치의 O/D 분석
 톤수 구간별로 2011년까지 추정된 항만별 연안선 교통량을 가지고 Entropy Model을 이용하여 27개 각 항만에 대하여 O/D 분석(Origin-Destination Analysis)을 행하며, 본 연구에는 <표 11>에서 2011년의 가덕수도내의 연안선 교통량의 O/D 결과를 톤수 구간별로 나타내었다.

(b) 100 ~ 500 G/T의 연안선 O/D

Origin -Destination	마산	진해	고현	가덕수도입구	소계
마산	0	2	25	1,312	1,339
진해	2	0	1	68	71
고현	25	1	0	781	807
가덕수도입구	1,312	68	781	0	2,161
소계	1,339	71	807	2,161	4,378

<표 11> 2011년 추정치의 O/D 분석

(a) 100 G/T 미만의 연안선 O/D

Origin -Destination	마산	진해	고현	가덕수도입구	소계
마산	0	0	0	0	0
진해	0	0	1	88	89
고현	0	1	0	217	218
가덕수도입구	0	88	217	0	305
소계	0	89	218	305	612

(c) 500 ~ 3,000 G/T의 연안선 O/D

Origin -Destination	마산	진해	고현	가덕수도입구	소계
마산	0	27	22	3,096	3,145
진해	27	0	5	652	684
고현	22	5	0	545	572
가덕수도입구	3,096	652	545	0	4,293
소계	3,145	684	572	4,293	8,694

(d) 3,000 ~ 5,000 G/T의 연안선 O/D

Origin -Destination	마 산	진 해	고 현	가덕수도 입 구	소 계
마 산	0	0	0	516	516
진 해	0	0	0	0	0
고 현	0	0	0	0	0
가덕수도입구	516	0	0	0	516
소 계	516	0	0	516	1,032

(e) 5,000 ~ 7,000 G/T의 연안선 O/D

Origin -Destination	마 산	진 해	고 현	가덕수도 입 구	소 계
마 산	0	0	0	155	155
진 해	0	0	0	0	0
고 현	0	0	0	0	0
가덕수도입구	155	0	0	0	155
소 계	155	0	0	155	310

(f) 7,000 G/T 이상의 연안선 O/D

Origin -Destination	마 산	진 해	고 현	가덕수도 입 구	소 계
마 산	0	0	0	0	0
진 해	0	0	0	0	0
고 현	0	0	0	0	0
가덕수도입구	0	0	0	0	0
소 계	0	0	0	0	0

4.3 원양선의 가덕수도 교통량 추정

우리나라 27개 무역항에 대하여 이들 항만의 과거 1979년부터 1995년까지의 17년간의 선박 크기별 연안선 교통량 실적을 기초로 경향식과 로그 함수식을 이용하여 2006년 및 2011년의 각 항만별 원양선 교통량을 추정한다.

가덕수도 입구측의 원양선 교통량은 마산항, 진해항 및 고현항에 입출항하는 원양선이 모두 통항하게 되므로 이들 항만의 원양선 교통량의 합이 가덕수도 입구측의 원양선 교통량이 될 것이다.

1) 항별 교통량 추정

마산항과 진해항의 1979년 ~ 1995년의 17년간 선박 크기별 원양선 교통량(입항기준) 실적과 고현항의 1984년 ~ 1995년의 12년간 선박 크기별 원양선 교통량(입항기준) 실적을 기준으로 교통량을 2011년까지 경향식으로 추정한 결과는 <표 12>, 지수함수로 추정한 결과는 <표 13>과 같다. 따라서 각각의 추정 결과를 평균한 <표 14>의 결과를 마산, 진해 및 고현항의 2011년도 선박 크기별 원양선 교통량으로 채택한다.

<표 12> 경향식에 의한 2011년도 항만별 교통량의 추정

항 만	x	추 정 치 [y = ax + b]							
		100 GT 미만	100 ~ 500 GT	500 ~ 3,000 GT	3,000 ~ 5,000 GT	5,000 ~ 7,000 GT	7,000 ~ 10,000 GT	10,000 ~ 20,000 GT	20,000 G/T 이상
마산항	33	0	467	385	318	130	127	161	341
추정함수	a	-8.2	13.5	-2.9	10.4	4.3	3.9	3.7	11.7
계수치	b	103.1	22.5	479.1	-24.7	-10.0	-2.8	39.4	-46.7
진해항	33	0	59	59	14	32	48	19	30
추정함수	a	0.0	1.5	-0.3	-0.2	1.0	1.5	0.2	0.6
계수치	b	0.0	10.6	69.0	19.8	-1.4	-1.7	12.7	10.9
고현항	33	0	49	142	2	9	2	10	0
추정함수	a	0.0	1.7	5.0	2.8	0.3	0.0	0.3	-0.2
계수치	b	0.0	-8.5	-23.0	1.0	-1.3	0.3	-2.0	3.3

〈표 13〉 로그함수식에 의한 2011년도 항만별 교통량의 추정

항 만	x	추 정 치 [$y = b + a \text{Log}(x + 1)$]							
		100 GT 미만	100 ~ 500 GT	500 ~ 3,000 GT	3,000 ~ 5,000 GT	5,000 ~ 7,000 GT	7,000 ~ 10,000 GT	10,000 ~ 20,000 GT	20,000 GT 이상
마산항	16	0	0	758	546	156	135	138	594
추정함수 계수치	a	-11.3	-46.5	70.5	100.9	26.4	20.8	12.6	113.0
	b	0.0	90.0	558.0	260.0	81.0	76.0	102.0	274.0
진해항	16	0	0	144	28	23	70	23	33
추정함수 계수치	a	0.0	-9.5	17.1	2.5	2.8	12.0	1.9	3.5
	b	0.0	100.0	96.0	21.0	15.0	36.0	18.0	23.0
고현항	16	0	0	338	0	0	0	4	0
추정함수 계수치	a	0.0	-7.1	69.4	-1.0	-1.3	-0.8	0.3	-1.0
	b	0.0	3.0	141.0	0.0	1.0	0.0	3.0	0.0

〈표 14〉 2011년도 항만별 교통량의 채택 추정치

항 만 별	채 택 추 정 치 (경향식 및 로그함수식에 의한 추정량의 평균치)							
	100 GT 미만	100 ~ 500 GT	500 ~ 3,000 GT	3,000 ~ 5,000 GT	5,000 ~ 7,000 GT	7,000 ~ 10,000 GT	10,000 ~ 20,000 GT	20,000 GT 이상
마산항	0	234	571	432	143	131	149	467
진해항	0	30	102	21	27	59	21	32
고현항	0	24	240	1	5	1	7	0

2) 가덕수도내 원양선 교통량 추정치의 O/D 분석
 가덕수도 입구측의 원양선 교통량은 마산항, 진해항 및 고현항에 입출항하는 원양선이 모두 가덕

수도측을 통항하게 되므로 별도의 O/D 분석이 필요 없이 〈표 15〉와 같이 이들 항만의 원양선 교통량의 합이 가덕수도 입구측의 원양선 교통량이 된다.

〈표 15〉 2011년 원양선 교통량 추정치의 O/D 분석

Origin - Destination (년도별, 선박크기별)		마 산	진 해	고 현	소 계 (가덕수도입구)
2011년	100 GT 미만	0	0	0	0
	100 ~ 500 GT	234	30	24	288
	500 ~ 3,000 GT	571	102	240	913
	3,000 ~ 5,000 GT	432	21	1	454
	5,000 ~ 7,000 GT	143	27	5	175
	7,000 ~ 10,000 GT	131	59	1	191
	10,000 ~ 20,000 GT	149	21	7	177
	20,000 GT 이상	467	32	0	499

4.4 기타 선박의 가덕수도 교통량 추정

1) 여객선

한국해운조합의 여객선 항로실태(1995.12)에 따르면 우리나라 지역별 해상 교통인구의 변동추이가 <표 16>과 같이 대규모의 관광지가 소재하고 있는 포항, 완도, 제주, 군산 등 일부 지역에서는 최근 수년간 7~10%의 비교적 큰 폭의 증가를 보이고 있는 반면, 생활 교통인구 비중이 높은 목포, 부산, 여수, 통영 등 일부지역은 5~11%의 감소를 보이고

있어 생활 교통인구의 지속적인 감소와 더불어 관광 교통인구의 비중이 점차 커질 것으로 전망된다.

또한, 부산 신항만이 완공되는 시점에서는 부산의 외곽 순환도로가 가덕도 및 거제를 연결하는 연육교로 연결될 예정이므로 이 지역의 해상 교통인구는 더욱 감소될 전망이다.

그러나 본 연구에서는 최대 교통량의 산정이 요구되므로 <표 17>에 나타나 있는 1995년의 여객선 교통량을 2011년의 가덕수도 여객선 교통량으로 사용한다.

<표 16> 연도별·지역별 여객선 교통인구 현황

(단위:명)

구 분	1990	1991	1992	1993	1994	년평균	점유율(%)
계	8,246,817	8,492,288	8,575,132	8,002,371	7,887,505	8,240,823	100
인 천	975,031	1,040,449	1,033,595	981,814	905,699	987,318	12
군 산	453,865	445,753	498,798	529,516	539,289	493,444	6
목 포	2,726,462	2,706,840	2,773,558	2,347,641	2,280,913	2,567,083	31
완 도	554,169	523,358	400,748	745,485	835,996	611,951	8
여 수	619,939	624,823	612,226	550,471	491,708	579,833	7
제 주	351,136	368,286	386,114	363,147	415,702	376,877	5
마 산	258,660	352,260	395,657	354,361	347,772	341,742	4
통 영	451,903	467,599	602,957	554,984	575,542	530,597	6
부 산	1,487,204	1,606,254	1,552,203	1,247,919	1,201,505	1,419,017	17
포 항	294,160	268,555	234,565	243,894	220,799	252,395	3
동 해	74,288	88,111	84,711	83,139	72,580	80,566	1

(주) 자료: 여객선 항로실태, 제2권, 한국해운조합, 1995.12, PP.18

<표 17> 가덕수도를 통항하는 여객선 현황

연 도	항 로	취항 척수 (척)	총톤수 (G/T)	운항횟수 (월)	평균톤수 (GT/척)	년간 가덕수도 통항량 (왕복)
1980	부산 - 충무	1	212	30	107.2	2,880
	부산 - 여수	4	324	210		
1985	부산 - 여수	3	147	120	88.8	4,320
	부산 - 진해	1	111	60		
	부산 - 고현	1	197	60		
1990	부산 - 마산	1	78	120	86.0	5,040
	부산 - 고현	1	197	60		
	부산 - 충무	1	59	180		
1995	부산 - 여수	2	88	180	56.5	2,160
	부산 - 고현	3	196	120		
	부산 - 여수	1	30	60		

(주) 1. 자료: 해운항만청, 해운항만통계연보, 1981-1996

2. 부산 - 사량도 항로는 옥포항 경유 관계로 가덕수도 서측 통과이기에 집계 제외.

2) 어선

가덕수도 동측을 이용하는 어선세력은 남양, 청안, 안골을 포함하는 용원지역과 명동지역 및 속천지역으로 나누어 볼 수 있으며 <표 18>과 같다. 이들 선박의 입항실적은 수산업협동조합의 위판을 목적으로 한 입항선의 통계치로 파악하였으며, 하

루평균 용원관내 250척, 명동관내 50척, 속천관내 40척을 335일로 곱하여 계산한 수치인 연간 약 113,900회 정도이며, 평균 톤수는 척당 3.0톤의 소형 어선들이다. 이들 선박은 가덕수도를 통항하지만, 항로를 이용하지 않고 대개 연안항로대(inshore traffic)를 이용할 것이다.

<표 18> 가덕수도를 이용하는 어선 등록현황

관 내	지 역	등록 및 무등록 선박 현황		
		척 수	소 계	총 계 (척당 평균톤수)
용원 관내	용 원	411	1,395	(평균 3.0 톤/척)
	안 골	179		
	청 안	154		
	남 양	49		
	늘 차	212		
	성 북	85		
	동 선	31		
	천 성	40		
	대 향	46		
	신 호	105		
	녹 산	82		
수 협	1			
명동 관내	죽 곡	27	445	(평균 3.0 톤/척)
	명 동	95		
	삼 포	44		
	계 덕	52		
	와 성	17		
	연 도	54		
	수 도	91		
	우 도	65		
속천 관내	속 천	235	468	(평균 3.0 톤/척)
	경 화	48		
	장 천	88		
	행 암	48		
	수 치	49		

4.5 부산 신항만 교통량 추정

1) 부산 신항만 개발계획

부산 신항만의 단계별 개발계획은 항만개발 여건에 따라 2005년 및 2011년을 기준으로 <표 19>와 같이 계획하고 있다.

2) 부산 신항만 컨테이너 부두 통항량 추정

2011년에 부산 신항만의 컨테이너 부두에 기항할 교통량을 추정하기 위하여 가장 먼저 당해 연도에 컨테이너선의 적당 처리할 수 있는 물동량을 예측할 필요가 있다. <표 20>은 1980년~1996년의 17년간 자성대부두(BCTOC) 및 신선대부두(PECT)의 연도별 단위 선박당 평균 처리물량을 나타내고 있다. PECT는 1991년 6월 개장하였으나 BCTOC는 그보다 훨씬 이전인 1978년 9월 개장하였고, 특히 BCTOC의 경우 개장 초기인 1980년대 중반까지 피더선 등의 기항이 주종을 이루었다. 따라서 단위 선박당 평균 처리물량을 추정하기 위하여 1980년~1996년의 17년간 실적을 근거로 추정하는 한편, BCTOC가 연간 1,000,000 TEU 이상의 물동량을 처리하면서 정상적 컨테이너 전용부두로서 운

영된 1987년부터 1996년까지의 10년간 최근 실적을 근거로 별도 추정하였다. 추정방법은 연도별 단위 선박당 처리물량을 경향식에 의한 추정, 로그함수에 의한 추정 및 지수함수에 의한 추정으로 각각 시행한 결과 경향식과 로그함수가 유사한 결과치를 보임에 따라 그 평균치를 단위 선박당 평균 처리물량으로 채택할 때 <표 21>과 같은 결과를 얻을 수 있다.

즉, 1980년부터의 과거 17년간 실적을 근거로한 2011년 기준 단위 선박당 처리물량은 1,559 TEU 이고, 1987년부터의 과거 10년간 실적을 근거로한 2011년 기준 단위 선박당 처리물량은 1,338 TEU 이며, 1987년부터 BCTOC가 1백만 TEU 이상의 컨테이너를 처리하므로써 국제적인 컨테이너 전용부두로서 도약한 시점하였기에 본 연구에서는 과거 10년간의 실적으로 추정한 결과치인 1,300 TEU를 2011년도 추정치로 채택한다. 또한 본 연구의 목적이 단위 선박당 평균 처리물량으로 입출항 교통량을 구하는 것이므로 17년의 실적에 의한 추정치보다 10년의 실적에 의한 추정치가 작게 나타나므로써 이의 채택이 본 연구의 안전도를 높이는 방안의 하나로도 잇점을 가질 수 있다.

<표 19> 부산 신항만 단계별 개발계획

구 분		전 체 (~2011)		1 단 계 (~2005)		2 단 계 (~2011)	
		선석수	시설 길이(m)	선석수	시설 길이(m)	선석수	시설 길이(m)
컨테이너 부 두	소 계	24	7,500	10	3,200	14	4,300
	5만톤급	15	5,250	7	2,450	8	2,800
	2만톤급	9	2,250	3	750	6	1,500
일반 부두	소 계	9	3,250	5	2,170	4	1,080
	2만톤급 (철재·수출입)	6	1,260	4	840	2	420
	3만톤급 (자동차)	1	300	-	-	1	300
	5천톤급 (유류·연안)	2	490	1	130	1	360
	소형선 부두 (관공·역무선)	-	1,200	-	1,200	-	-
계		33	10,750	15	5,370	18	5,380

(주) 자료: 해양수산부, 가덕신항만개발 기본계획(안), PP. 46-49, 1996. 9.

〈표 20〉 BCTOC 및 PECT의 연도별 단위 선박당 평균 처리물량

연 도	입항 선박수 (척)			처리물량 (TEU)			단위선박당 처리물량 (TEU/척)
	BCTOC	PECT	계	BCTOC	PECT	계	
1980	765	-	765	295,065	-	295,065	386
1981	850	-	850	378,300	-	378,300	445
1982	978	-	978	431,435	-	431,435	441
1983	1,161	-	1,161	531,094	-	531,094	457
1984	1,418	-	1,418	721,370	-	721,370	509
1985	1,542	-	1,542	753,634	-	753,634	489
1986	1,612	-	1,612	1,042,630	-	1,042,630	647
1987	1,712	-	1,712	1,267,588	-	1,267,588	740
1988	1,659	-	1,659	1,356,568	-	1,356,568	818
1989	1,730	-	1,730	1,469,470	-	1,469,470	849
1990	1,588	-	1,588	1,436,761	-	1,436,761	905
1991	1,462	284	1,746	1,292,510	269,685	1,562,195	895
1992	1,495	840	2,335	1,108,507	745,448	1,853,955	794
1993	1,540	1,006	2,546	1,162,020	1,005,075	2,167,095	851
1994	1,631	1,271	2,902	1,470,425	1,124,008	2,594,433	894
1995	1,427	1,385	2,812	1,597,963	1,270,617	2,868,580	1,020
1996	1,681	1,216	2,897	1,697,761	1,318,618	3,016,379	1,041

(주) 1. 자료: BCTOC 및 PECT, 1996
 2. 참조: PECT는 1991년 6월부터 개장하여 운영하였습.

〈표 21〉 BCTOC 및 PECT의 단위 선박당 평균 처리물량의 추정

(단위: TEU/척)

추 정 방 식		2001	2006	2011
1980~1996 년의 17년간 실적	경향식에 의한 추정	1,256.2	1,463.7	1,671.3
	로그함수에 의한 추정	1,313.5	1,394.8	1,447.4
	평 균	1,285	1,429	1,559
1987~1996 년의 10년간 실적	경향식에 의한 추정	1,115.9	1,239.7	1,363.5
	로그함수에 의한 추정	1,221.2	1,276.9	1,312.9
	평 균	1,169	1,258	1,338
2011년 기준 채택치		1,300 TEU/척(1987~1996년의 10년간 실적에 근거한 추정 평균치)		

한편 컨테이너 부두에 기항하는 선박은 그 크기가 다르므로 역시 2011년에 대한 부산 신항만의 컨테이너 부두에 기항할 컨테이너선의 크기 분포를 추정할 필요가 있다. <표 22>는 1980년~1995년의 16년간 자성대부두(BCTOC) 및 신선대부두(PECT)의 연도별 선박 크기별 컨테이너선의 기항

실적을 나타내고 있다. 따라서 연도별 선박 크기별 컨테이너선의 기항실적을 경향식에 의한 추정, 로그함수에 의한 추정 및 지수함수에 의한 추정을 각각 시행한 결과 경향식과 로그함수가 유사한 결과치를 보임에 따라 그 평균치를 해당 년도의 컨테이너선 기항실적 비율 추정치로 채택할 때 <표 23>과 같은 결과를 얻을 수 있다.

〈표 22〉 BCTOC 및 PECT의 연도별 선박크기별 컨테이너선 기항실적

(단위: 척)

연 도	10,000 DWT 미만			10,000 ~ 20,000 DWT			20,000 ~ 30,000 DWT			30,000 ~ 40,000 DWT			40,000 ~ 50,000 DWT			50,000 DWT 이상			계
	BCTOC	PECT	소계	BCTOC	PECT	소계	BCTOC	PECT	소계	BCTOC	PECT	소계	BCTOC	PECT	소계	BCTOC	PECT	소계	
1980	113	-	113	186	-	186	241	-	241	117	-	117	19	-	19	89	-	89	765
	14.8 %			24.3 %			31.5 %			15.3 %			2.5 %			11.6 %			
1981	54	-	54	261	-	261	300	-	300	139	-	139	26	-	26	70	-	70	850
	6.4 %			30.7 %			35.3 %			16.4 %			3.0 %			8.2 %			
1982	26	-	26	329	-	329	332	-	332	186	-	186	24	-	24	81	-	81	978
	2.7 %			33.6 %			33.9 %			19.0 %			2.5 %			8.3 %			
1983	27	-	27	369	-	369	361	-	361	253	-	253	60	-	60	91	-	91	1,161
	2.3 %			31.8 %			31.1 %			21.8 %			5.2 %			7.8 %			
1984	30	-	30	474	-	474	442	-	442	284	-	284	92	-	92	96	-	96	1,418
	2.1 %			33.4 %			31.2 %			20.0 %			6.5 %			6.8 %			
1985	64	-	64	525	-	525	440	-	440	362	-	362	59	-	59	92	-	92	1,542
	4.2 %			34.0 %			28.5 %			23.4 %			3.8 %			6.0 %			
1986	51	-	51	389	-	389	494	-	494	503	-	503	68	-	68	107	-	107	1,612
	3.2 %			24.1 %			30.7 %			31.2 %			4.2 %			6.6 %			
1987	34	-	34	303	-	303	491	-	491	684	-	684	99	-	99	101	-	101	1,712
	2.0 %			17.7 %			28.7 %			39.9 %			5.8 %			5.9 %			
1988	25	-	25	284	-	284	432	-	432	659	-	659	148	-	148	114	-	114	1,659
	1.5 %			17.1 %			26.0 %			39.7 %			8.9 %			6.8 %			
1989	13	-	13	274	-	274	373	-	373	745	-	745	184	-	184	141	-	141	1,730
	0.8 %			15.8 %			21.6 %			43.0 %			10.6 %			8.2 %			
1990	14	-	14	215	-	215	294	-	294	761	-	761	143	-	143	161	-	161	1,588
	0.9 %			13.5 %			18.5 %			47.9 %			9.0 %			10.2 %			
1991	57	16	73	271	38	309	208	73	281	683	84	767	135	34	169	108	39	147	1,746
	4.2 %			17.7 %			16.1 %			43.9 %			9.7 %			8.4 %			
1992	164	40	204	379	112	491	221	239	460	557	220	777	108	97	205	66	132	198	2,335
	8.7 %			21.0 %			19.7 %			33.3 %			8.8 %			8.5 %			
1993	253	66	319	396	191	587	168	164	332	550	209	759	109	102	211	64	274	338	2,546
	12.5 %			23.0 %			13.0 %			29.9 %			8.3 %			13.3 %			
1994	244	225	469	521	134	655	161	221	382	533	262	795	90	152	242	82	277	359	2,902
	16.2 %			22.6 %			13.2 %			27.4 %			8.3 %			12.3 %			
1995	86	307	393	436	211	647	139	183	322	494	270	764	132	135	267	140	279	419	2,812
	14.0 %			23.0 %			11.5 %			27.1 %			9.5 %			14.9 %			

(주) 자료: BCTOC 및 PECT, 1996

〈표 23〉 BCTOC 및 PECT의 선박크기별 컨테이너선 기항실적 비율 추정

(단위: 척)

연 도	추정 방식	10,000	10,000~	20,000~	30,000~	40,000~	500,000	소 계
		DWT 미만	20,000 DWT	30,000 DWT	40,000 DWT	50,000 DWT	DWT 이상	
2011	경향식에 의한 추정	614.9	839.6	404.4	1,755.6	514.6	622.9	4,752.0
	로그함수에 의한 추정	766.9	1,005.8	234.4	1,029.1	462.1	791.6	4,289.9
	지수함수에 의한 추정	1,258.4	1,072.8	412.9	9,471.5	5,202.2	1,772.9	19,190.7
	채택치 (경향식 및 로그함수에 의한 추정치의 평균치)	691 (15.3)	923 (20.4)	319 (7.1)	1,392 (30.8)	488 (10.8)	707 (15.6)	4,520 (100 %)

그러므로 부산 신항만 컨테이너부두의 계획된 입출항 물동량을 처리하기 위하여 입항해야 할 선박 척수는 입출항 물동량을 〈표 21〉의 단위 선박당 평균 처리물량으로 나누어 구한 결과 2011년에 3,312척이 되고 이를 톤수별 분포로 나타내면 〈표 23〉의 2011년 컨테이너선 기항실적 분포를 적용할 때 〈표 24〉와 같이 추정된다.

3) 부산 신항만 일반부두 및 소형선부두 통항량 추정
부산 신항만 소형선부두의 관공선 및 역무선은

주로 소형선박이며, 항내 운항이 주류를 이루므로 가덕수도 항로폭 평가 대상에서는 제외하며, 일반부두의 경우 입출항 선박 예상 통항량을 추정하고자 한다.

부산 신항만 주변항만으로서 부산항, 마산항, 진해항 및 고현항의 1979년~1995년의 17년간 선박척당 처리물량 실적을 구하고, 이들 4개 항만의 선박척당 처리물량을 평균한 부산 신항만 주변항만의 선박척당 처리화물량은 〈표 25〉와 같다.

〈표 24〉 부산 신항만의 컨테이너부두 교통량 추정(입항 기준)

연 도	톤수 구분	입출항 물동량 (천TEU)	척당 처리물량 (TEU/척)	총 입항척수 (척)	톤수별 입항비율 (%)	톤수별 입항척수 (척)
2011	10,000 DWT 미만	4,305	1,300	3,312	15.3	507
	10,000 ~ 20,000 DWT				20.4	676
	20,000 ~ 30,000 DWT				7.1	235
	30,000 ~ 40,000 DWT				30.8	1,020
	40,000 ~ 50,000 DWT				10.8	358
	50,000 DWT 이상				15.6	516

〈표 25〉 부산 신항만 주변항만 평균 선박척당 화물처리량

년 도	부 산 신 항 만 주 변 항 만				평 균
	부 산	마 산	진 해	고 현	
1979	2,388	386	1,108	-	1,294
1980	2,248	420	1,668	-	1,445
1981	2,408	462	1,338	-	1,403
1982	2,206	480	1,532	-	1,406
1983	2,262	488	1,800	-	1,517
1984	2,470	490	1,592	606	1,290
1985	2,464	526	1,776	1,532	1,575
1986	2,826	662	1,250	490	1,307
1987	3,074	744	1,448	2,954	2,055
1988	3,294	830	1,696	1,990	1,953
1989	3,034	848	1,614	1,016	1,628
1990	3,388	1,018	1,858	1,040	1,826
1991	2,862	1,048	1,460	882	1,563
1992	2,744	1,072	1,616	1,108	1,635
1993	2,838	1,752	1,704	888	1,796
1994	2,956	1,856	1,566	1,650	2,007
1995	3,044	1,832	2,888	844	2,152

이 때 고현항의 경우 1984년부터 개장되었으므로 고현항을 제외한 3개 항만에 대한 17년간(1979년~1995년)의 실적을 고려한 결과 2011년의 선박척당 처리화물량은 2,761 톤/척이며, 고현항을 포함한 4개항만에 대한 12년간(1984년~1995년)의 실적을 고려한 결과 2011년의 선박척당 처리물동량은 2,821 톤/척으로서 거의 비슷한 수준을 나타

내며, 구체적 결과는 〈표 26〉과 같다.

따라서 부산 신항만의 일반부두에 대한 2011년 기준의 선박척당 처리화물량 추정치는 2,800 톤/척의 값을 이용하며, 이들의 평균 톤수는 우리나라 연안선 평균톤수인 1,000 G/T를 채택한다. 그 결과 부산 신항만의 일반부두에 입항하는 선박 척수는 〈표 27〉과 같이 2011년 기준 3,400척으로 추정된다.

〈표 26〉 부산 신항만 주변항만의 단위 선박당 평균 처리물량의 추정

(단위: 톤/척)

추 정 방 식		2001	2006	2011
1979~1995년의 17년간 실적	경향식에 의한 추정	2,216.4	2,422.8	2,629.2
	로그함수에 의한 추정	2,660.7	2,801.6	2,892.6
	평 균	2,439	2,612	2,761
1984~1995년의 12년간 실적	경향식에 의한 추정	2,284.0	2,523.8	2,763.7
	로그함수에 의한 추정	2,650.5	2,788.5	2,877.7
	평 균	2,467	2,656	2,821
2011년 기준 채택치		2,800톤/척(1984~1995년의 12년간 실적에 근거한 추정 평균치)		

〈표 27〉 부산 신항만 일반부두 및 소형선부두 통항량 추정

구		분		처리 화물량 (천톤)	척당 처리량 (톤/척)	입항 선박 추정치 (척)	입항 선박 평균 톤수 (톤)
2006	일 반 부 두	2만톤급	(철재)	5,332	2,600	2,930	1,000 G/T급 표준선
			(수출입잡화)	-			
		3만톤급 (자동차)		2,285			
		5천톤급 (유류·잡화)		-			
계		7,617					
2011	일 반 부 두	2만톤급	철재	5,390	2,800	3,400	
			수출입잡화	528			
		3만톤급 (자동차)		2,978			
		5천톤급 (유류·잡화)		623			
계		9,519					

(주) 척당 화물량: [근거] 가덕 신항만개발 기본계획 (1996.11. 해양수산부)
 [의미] 척당화물량 = 입출항 화물량 / 입출항 선박량

5. 부산 신항만 건설시 가덕수도의 혼잡도 평가

〈표 28〉은 우리나라의 톤수 그룹별 대표 선박길이와 L^2 환산계수를 나타내고 있다. 이 때 표준선의 크기는 일본 浦賀水道の 혼잡도 평가시와 동일하게 1995년 우리나라 연안선 평균톤수에 가까운 약 1,000 G/T급(길이 70m)을 사용하였다.

5.1 가덕수도내 L^2 환산 교통량

- 1) 우리나라의 톤수 그룹별 대표 선박길이와 L^2 환산계수

〈표 28〉 우리나라의 톤수 그룹별 대표 선박길이와 L^2 환산계수

(a) 일반 화물선

총 톤 수	100 GT 미만	100 ~ 500 GT	500 ~ 3,000 GT	3,000 ~ 5,000 GT	5,000 ~ 7,000 GT	7,000 ~ 10,000 GT	10,000 ~ 20,000 GT	20,000 GT 이상
수선 간장 (m)	7~26	26~50	50~90	90~110	110~120	120~140	140~180	180~330
평균 톤수 (GT)	53	275	1,235	4,010	5,954	8,591	14,337	43,064
대표 길이 (m)	20	40	70	100	115	130	150	200
L 환산계수	0.29	0.57	1.0	1.43	1.64	1.86	2.14	2.86
L^2 환산계수	0.08	0.32	1.0	2.04	2.69	3.46	4.58	8.18

(주) 1. 선박제원 및 표준선 : <표 4>와 동일
 2. 평균톤수 : 1995년 우리나라 입항선박(톤급) 그룹에서의 평균톤수

(b) 컨테이너선

적화톤수	10,000 DWT 미만	10,000 ~ 20,000 DWT	20,000 ~ 30,000 DWT	30,000 ~ 40,000 DWT	40,000 ~ 50,000 DWT	50,000 DWT 이상
폭 (m)	19.0	27.0	30.3	32.2	32.2	32.2
흘 수 (m)	8.5	10.0	11.5	12.0	12.5	12.5
대표 길이 (m)	115.0	152.0	212.9	241.5	250.5	294.0
L 환산계수	1.64	2.17	3.04	3.45	3.58	4.2
L^2 환산계수	2.69	4.71	9.24	11.90	12.82	17.6

2) 년도별 가덕수도내 L^2 환산교통량 추정
 가덕수도내 연안선 및 원양선에 대한 2011년의
 입항 통항량 예측치를 L^2 환산 통항량(입항기준)
 으로 환산하면 <표 29>와 같다.

따라서, 2011년 기준의 기존 가덕수도에 왕복 L^2
 환산 통항량 및 부산 신항만 항로의 왕복 L^2 환산
 통항량은 <표 30>과 같으며, 시간당 L^2 환산 통
 항량(왕복)은 2011년 기준 11.9척이 된다.

<표 29> 2011년 가덕수도내 원양선, 연안선의 L^2 환산교통량

선 박 크기		가덕수도 교통량 (입항 기준)			L^2 환산계수	L^2 환산교통량(입항기준)
		연안선	원양선	소 계		
2011	100 G/T 미만	305	0	305	0.08	24.4
	100 ~ 500 G/T	2,161	288	2,449	0.32	783.7
	500 ~ 3,000 G/T	4,293	913	5,205	1.00	5,206.0
	3,000 ~ 5,000 G/T	516	454	970	2.04	1,978.8
	5,000 ~ 7,000 G/T	155	175	330	2.69	887.7
	7,000 ~ 10,000 G/T	0	191	191	3.46	660.9
	10,000 ~ 20,000 G/T	0	177	177	4.58	810.7
	20,000 G/T 이상	0	499	499	8.18	4,081.8
	총 계	7,430	2,697	10,127	-	14,434

〈표 30〉 2011년의 가덕수도내 L^2 환산교통량 추정

연도 및 교통량 구분		왕복 교통량(척)	L^2 환산계수	왕복 L^2 환산교통량	시간당 평균 L^2 (왕복) 환산교통량	
2011	기존 가덕수도	연안선	14,860	0.08~2.69	12,957	1.500
		원양선	5,394	0.32~8.18	15,911	1.842
		여객선	2,160	0.08	173	0.040
		어 선	227,800	0.003	683	0.158
		소 계	250,214	-	29,724	3.540
	부산 신항만 항로	컨테이너부두	6,624	2.69~17.6	65,057	7.530
		일반부두	6,800	1.0	6,800	0.787
		소 계	13,424	-	71,857	8.317
	총 계		263,638	-	101,581	11.857

(주) 시간당 평균 L^2 왕복통항량 계산

- 연안선, 원양선, 컨테이너부두 및 일반부두 선박의 경우 :
 시간당 평균 L^2 왕복통항량 = (연평균 L^2 왕복 통항량 / 360일) / 24시간
- 여객선 및 어선의 경우
- 시간당 평균 L^2 왕복통항량 = (연평균 L^2 왕복 통항량 / 360일) / 12시간

5.2 교통량 추정에 따른 소요 항로폭 평가

부산 신항만 개발에 따른 접근항로는 기존의 1,600~2,400m 항로폭의 가덕수도를 그대로 유지하며, 부산 신항만의 입출항 선박과 마산/진해/고현 등의 입출항 선박이 공용으로 이 수도를 이용하는 것으로 되어 있다. 이 수도는 신항만 입출항을 위하여 천성만 전면에서 600m 항로폭의 신항만 진입항로로 분기된다.

우선, 가덕수도의 항로형태와 항행조건(조류, 풍압 등)을 고려한 항행실태에 의해 〈표 31〉과 같은 후방 폐쇄영역을 설정하여 최대 교통밀도와 기본 교통용량을 결정한다. 즉, 가덕수도의 경우는 선박 조종 시뮬레이션에 의한 결과 평균 항행속도가 일반 수로에서의 선속에 해당하는 10.0kts 정도 가지고 있고, 가덕수도에서 분기되는 부산 신항만 진입항로의 경우는 조종수역에의 진입 관계로 7.0kts를 평균 항행속력으로 취한다.

〈표 31〉 범퍼모델의 범위와 평균 항행속력

구 분	후방폐쇄영역		평균 항행속력
	장직경	단직경	
가덕수도 진입항로	8L	3.2L	10.0kts (18.5Km/h)
부산 신항만 항로	6L	1.6L	7.0kts (13.0Km/h)

가덕수도의 설계 교통용량을 통상 적용하는 최대밀도의 25%보다 낮게, 일본 浦賀水道내 혼잡도 수준인 기본 교통용량의 20%로 잡고, 이에 소요되는 최소 항로폭을 계산하면, 〈표 32〉와 같은 결과를 얻을 수 있다. 가덕수도의 교통용량은 최대밀도의 3.59% 수준이며, 1992년도 일본 浦賀水道 교통용량의 18.6% 수준이다.

즉, 가덕수도에 요구되는 교통량에 따른 최소 항로폭은 2011년 기준 402m 수준이기 때문에 교통량에는 크게 영향을 받지않고 오히려 6,000TEU급 컨테이너선의 왕복통항 조종특성에 영향을 받을 것임을 알 수 있고, 이 경우 가덕수도 항로폭은

1,600~2,460m를 확보하고 있기 때문에 충분한 항로폭으로 평가된다.

또한 부산 신항만 진입항로는 교통량에 따른 최소 항로폭이 2011년 기준 151m로서 역시 교통량에는 크게 영향을 받지 않고, 6,000TEU급 컨테이너선의 왕복통항 조종특성에 영향을 받을 것임을 알 수 있고, 이 경우 신항만 진입항로의 항로폭 계획은 600m를 확보하는 것으로 되어 있다. 결국, 부산 신항만 건설 실시설계의 하나로 시행된 선박조종 시뮬레이션 평가로부터 부산 신항만 진입항로에서는 600m 항로폭의 조건에서 충분하다고 판단되었고5), 따라서 2011년 기준 통항량에 의한 소요 항로폭 151m보다 최대선형의 운동특성에 의한 소요 항로폭이 600m로 더 크게 나타나므로 부산 신항만 진입항로의 왕복통항 소요 항로폭은 600m로 평가된다.

〈표 32〉 가덕수도의 2011년도 기준 선박 교통량에 따른 최소항로폭

구 분	가덕수도	신항만 진입항로
설계 교통용량(척/시)	11.857	8.317
기본 교통용량(척/시)	59.285	41.585
교통량에 따른 최소 항로폭(m)	402	151
최소 항로폭 결정 요인	최대선형	[좌동]
항로폭 계획안(m)	1,600 ~ 2,460	600

6. 결 론

본 연구는 단선 항행이 아닌 협수로에서의 혼잡도를 평가할 목적으로 Bumper 모델을 제안하였으며, 항로의 혼잡도 수준 평가를 위하여 통항량이 가장 폭주한 항로의 하나인 일본 浦賀水道の 혼잡도를 비교, 평가하였다.

우선 일본 浦賀水道の 1400m 왕복항로폭을 기준으로 기본교통용량을 구하고, 浦賀水道の 1991년과 1992년의 교통량을 L^2 교통량으로 환산하여 본 결과 기본교통용량의 19.26 ~ 19.52 %의 수준으로 일반적인 설계교통용량인 25%에 약간 못 미치는 수준이었다.

부산 신항만 개발에 따른 2011년도 가덕수도의 교통량은 1,000 G/T의 환산용 표준선 기준으로 시간당 8.481척으로서, 이는 최대밀도의 3.59% 수준이며, 1992년도 일본 浦賀水道 교통용량의 18.6% 수준으로 그다지 혼잡함은 일어나지 않을 것으로 판단된다. 즉, 가덕수도에 요구되는 교통량에 따른 최소 항로폭 평가는 일본 浦賀水道の 혼잡도 수준으로 평가할 때 2011년 기준 402m 수준이기 때문에 교통량에는 크게 영향을 받지않고 오히려 6,000TEU급 컨테이너선의 왕복통항 조종특성에 영향을 받을 것임을 알 수 있었고, 이 경우 가덕수도 항로폭은 1,600~2,460m를 확보하고 있기 때문에 충분한 항로폭으로 평가되었다.

참 고 문 헌

- 1) 藤井弥平 외 2명, 海上交通工學, 海文堂, PP.119-140, 1981.
- 2) 藤井弥平 외 2명, 交通システム工學(I), コロナ社, PP.91-97, 1985.
- 3) 구자윤·이철영, 우리나라 연안의 해상교통관제 시스템 설치를 위한 기초연구, <I> 항만간 교통량 분포의 추정 알고리즘, 한국항해학회지 제 11권 제2호, PP 89 - 97, 1987. 9.
- 4) 구자윤·박양기·이철영, 우리나라 연안의 해상교통관제 시스템 설치를 위한 기초연구, <II> 시뮬레이션에 의한 우리나라 연안의 해상교통량 추정, 한국항해학회지 제12권 제1호, PP 85 - 112, 1988. 4.
- 5) 해양수산부, 부산(가덕) 신항만 선박조종 시뮬레이션 및 항로검토 용역, 1997.6