

인천항 항로 혼잡도 개선방안 연구

† 구 자운* · 김 석재**

*, ** 한국해양수산연수원 교수

요 약 : 제2차 인천항 기본계획 수정계획(2006.12, 해양수산부)에 의거하여 인천항의 향후 물동량 추정과 이에 따른 항만개발계획이 수립되었다. 특히 2009년 인천대교가 완공 계획됨에 따라 팔미도북서 출항항로의 설치 운영 등 항내 항로의 교통흐름에 큰 변화가 예견됨에 따라 각 항로별 교통 혼잡도를 분석하여 교통흐름을 원활하게 개선할 수 있는 방안을 제시하였다.

핵심용어 : 인천항 항로, 혼잡도, 혼잡도 지수, 인천대교,



❖ 해상교통량 추정

인천항 해상교통량 추정결과

▶ 인천항 해상교통량 추정 (단위: 척)
(2011년, 2015년 및 2020년)

항로	항종	2011년	2015년	2020년
1차	출항	1,200	1,500	1,800
	내항	1,500	1,800	2,100
	합계	2,700	3,300	3,900
2차	출항	1,800	2,200	2,600
	내항	2,200	2,700	3,200
	합계	4,000	4,900	5,800
3차	출항	2,500	3,000	3,500
	내항	3,000	3,600	4,200
	합계	5,500	6,600	7,700
4차	출항	3,200	3,800	4,400
	내항	3,800	4,500	5,200
	합계	7,000	8,300	9,600
5차	출항	4,000	4,800	5,600
	내항	4,800	5,700	6,600
	합계	8,800	10,500	12,200
6차	출항	5,000	6,000	7,000
	내항	6,000	7,200	8,400
	합계	11,000	13,200	15,400
7차	출항	6,000	7,200	8,400
	내항	7,200	8,600	10,000
	합계	13,200	15,800	18,400
8차	출항	7,000	8,400	9,800
	내항	8,400	10,000	11,600
	합계	15,400	18,400	21,400
9차	출항	8,000	9,600	11,200
	내항	9,600	11,500	13,400
	합계	17,600	21,100	24,600
10차	출항	9,000	10,800	12,600
	내항	10,800	12,900	15,000
	합계	19,800	23,700	27,600
11차	출항	10,000	12,000	14,000
	내항	12,000	14,400	16,800
	합계	22,000	26,400	30,800
12차	출항	11,000	13,200	15,400
	내항	13,200	15,800	18,200
	합계	24,200	29,000	33,600
13차	출항	12,000	14,400	16,800
	내항	14,400	17,200	19,600
	합계	26,400	31,600	36,400
14차	출항	13,000	15,600	18,200
	내항	15,600	18,700	21,400
	합계	28,600	34,300	39,600
15차	출항	14,000	16,800	19,600
	내항	16,800	20,100	23,200
	합계	30,800	36,900	42,800
16차	출항	15,000	18,000	21,000
	내항	18,000	21,600	25,000
	합계	33,000	39,600	46,000
17차	출항	16,000	19,200	22,400
	내항	19,200	23,000	26,800
	합계	35,200	42,200	49,200
18차	출항	17,000	20,400	23,800
	내항	20,400	24,400	28,200
	합계	37,400	44,800	52,000
19차	출항	18,000	21,600	25,200
	내항	21,600	25,800	29,600
	합계	39,600	47,400	54,800
20차	출항	19,000	22,800	26,600
	내항	22,800	27,200	31,000
	합계	41,800	50,000	57,600
21차	출항	20,000	24,000	28,000
	내항	24,000	28,600	32,400
	합계	44,000	52,600	60,400
22차	출항	21,000	25,200	29,400
	내항	25,200	29,900	33,800
	합계	46,200	55,100	63,200
23차	출항	22,000	26,400	30,800
	내항	26,400	31,200	35,200
	합계	48,400	57,600	66,000
24차	출항	23,000	27,600	32,200
	내항	27,600	32,500	36,600
	합계	50,600	60,100	68,800
25차	출항	24,000	28,800	33,600
	내항	28,800	33,800	38,000
	합계	52,800	62,600	71,600
26차	출항	25,000	30,000	35,000
	내항	30,000	35,100	39,400
	합계	55,000	65,100	74,400
27차	출항	26,000	31,200	36,400
	내항	31,200	36,300	40,800
	합계	57,200	67,500	77,200
28차	출항	27,000	32,400	37,800
	내항	32,400	37,500	42,200
	합계	59,400	70,000	80,000
29차	출항	28,000	33,600	39,200
	내항	33,600	38,700	43,600
	합계	61,600	72,300	82,800
30차	출항	29,000	34,800	40,600
	내항	34,800	39,900	45,000
	합계	63,800	74,700	85,600
31차	출항	30,000	36,000	42,000
	내항	36,000	41,100	46,400
	합계	66,000	77,100	88,400
32차	출항	31,000	37,200	43,400
	내항	37,200	42,300	47,800
	합계	68,200	79,500	91,200
33차	출항	32,000	38,400	44,800
	내항	38,400	43,500	49,200
	합계	70,400	82,000	94,000
34차	출항	33,000	39,600	46,200
	내항	39,600	44,700	50,600
	합계	72,600	84,300	96,800
35차	출항	34,000	40,800	47,600
	내항	40,800	45,900	52,000
	합계	74,800	86,700	99,600
36차	출항	35,000	42,000	49,000
	내항	42,000	47,100	53,400
	합계	77,000	89,100	102,400
37차	출항	36,000	43,200	50,400
	내항	43,200	48,300	54,800
	합계	79,200	91,500	105,200
38차	출항	37,000	44,400	51,800
	내항	44,400	49,500	56,200
	합계	81,400	94,000	108,000
39차	출항	38,000	45,600	53,200
	내항	45,600	50,700	57,600
	합계	83,600	96,300	110,800
40차	출항	39,000	46,800	54,600
	내항	46,800	51,900	59,000
	합계	85,800	98,700	113,600
41차	출항	40,000	48,000	56,000
	내항	48,000	53,100	60,400
	합계	88,000	101,100	116,400
42차	출항	41,000	49,200	57,400
	내항	49,200	54,300	61,800
	합계	90,200	103,500	119,200
43차	출항	42,000	50,400	58,800
	내항	50,400	55,500	63,200
	합계	92,400	106,000	122,000
44차	출항	43,000	51,600	60,200
	내항	51,600	56,700	64,600
	합계	94,600	108,300	124,800
45차	출항	44,000	52,800	61,600
	내항	52,800	57,900	66,000
	합계	96,800	110,700	127,600
46차	출항	45,000	54,000	63,000
	내항	54,000	59,100	67,400
	합계	99,000	113,100	130,400
47차	출항	46,000	55,200	64,400
	내항	55,200	60,300	68,800
	합계	101,200	115,500	133,200
48차	출항	47,000	56,400	65,800
	내항	56,400	61,500	70,200
	합계	103,400	118,000	136,000
49차	출항	48,000	57,600	67,200
	내항	57,600	62,700	71,600
	합계	105,600	120,300	138,800
50차	출항	49,000	58,800	68,600
	내항	58,800	63,900	73,000
	합계	107,800	122,700	141,600
51차	출항	50,000	60,000	70,000
	내항	60,000	65,100	74,400
	합계	110,000	125,100	144,400
52차	출항	51,000	61,200	71,400
	내항	61,200	66,300	75,800
	합계	112,200	127,500	147,200
53차	출항	52,000	62,400	72,800
	내항	62,400	67,500	77,200
	합계	114,400	130,000	150,000
54차	출항	53,000	63,600	74,200
	내항	63,600	68,700	78,600
	합계	116,600	132,300	152,800
55차	출항	54,000	64,800	75,600
	내항	64,800	69,900	80,000
	합계	118,800	134,700	155,600
56차	출항	55,000	66,000	77,000
	내항	66,000	71,100	81,400
	합계	121,000	137,100	158,400
57차	출항	56,000	67,200	78,400
	내항	67,200	72,300	82,800
	합계	123,200	139,500	161,200
58차	출항	57,000	68,400	79,800
	내항	68,400	73,500	84,200
	합계	125,400	142,000	164,000
59차	출항	58,000	69,600	81,200
	내항	69,600	74,700	85,600
	합계	127,600	144,300	166,800
60차	출항	59,000	70,800	82,600
	내항	70,800	75,900	87,000
	합계	129,800	146,700	169,600
61차	출항	60,000	72,000	84,000
	내항	72,000	77,100	88,400
	합계	132,000	149,100	172,400
62차	출항	61,000	73,200	85,400
	내항	73,200	78,300	89,800
	합계	134,200	151,500	175,200
63차	출항	62,000	74,400	86,800
	내항	74,400	79,500	91,200
	합계	136,400	154,000	178,000
64차	출항	63,000	75,600	88,200
	내항	75,600	80,700	92,600
	합계	138,600	156,300	180,800
65차	출항	64,000	76,800	89,600
	내항	76,800	81,900	94,000
	합계	140,800	158,700	183,600
66차	출항	65,000	78,000	91,000
	내항	78,000	83,100	95,400
	합계	143,000	161,100	186,400
67차	출항	66,000	79,200	92,400
	내항	79,200	84,300	96,800
	합계	145,200	163,500	189,200
68차	출항	67,000	80,400	93,800
	내항	80,400	85,500	98,200
	합계	147,400	166,000	192,000
69차	출항	68,000	81,600	95,200
	내항	81,600	86,700	99,600
	합계	149,600	168,300	194,800
70차	출항	69,000	82,800	96,600
	내항	82,800	87,900	101,000
	합계	151,800	170,700	197,600
71차	출항	70,000	84,000	98,000
	내항	84,000	89,100	102,400
	합계	154,0		

❖ 범퍼모델과 혼잡도지수

13

범퍼모델

$$r = 8L + 2UL/V$$

단, r : 후방제동영역의 길이(Km) L : 포클인의 길이(Km)
 U : 소류 속도(Km/h) V : 전속(Km/h)

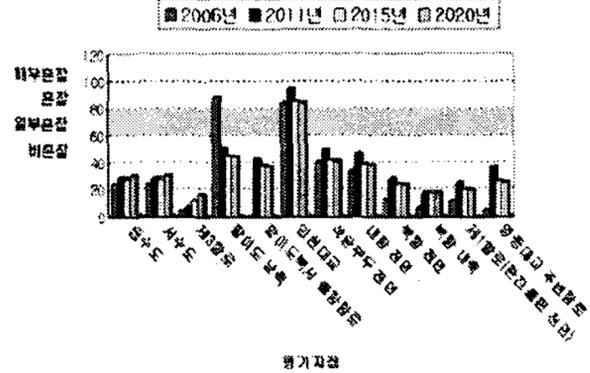
$$Q = \frac{1}{n} W$$

단, Q : 기본 교통용량 (veh/s) r : 후방제동영역의 길이(Km)
 s : 후방제동영역의 길이(Km) W : 차량도 (Km)
 V : 전속(Km/h)

❖ 인천항 연도별 혼잡도 지수

15

연도별 혼잡도 지수



❖ 범퍼모델과 혼잡도 지수

14

<표> 범퍼모델의 범퍼의 평균 항행속력

구분	범퍼 길이 (m)	주방제동영역		평균 항행속력
		상류구	하류구	
부산항	1,000m	8.3%	2.2%	12.0 kn (22.2 Km/h)
서울항	1,000m	8.3%	2.2%	12.0 kn (22.2 Km/h)
인천항	800m	8.3%	1.8%	8.0 kn (11.1 Km/h)
울산항	상류구	9.3%	3.2%	6.0 kn (11.1 Km/h)
	하류구	9.3%	3.2%	6.0 kn (11.1 Km/h)
부산항의 출항항로	700m	8.3%	2.2%	10.0 kn (18.5 Km/h)
인천항의 출항항로	600m	8.3%	2.2%	10.0 kn (18.5 Km/h)
제1항로(비행루우 선반)	800m	8.3%	1.8%	6.0 kn (11.1 Km/h)
		8.3%	1.8%	6.0 kn (11.1 Km/h)
제1항로(비행루우 선반)	800m	8.3%	1.8%	6.0 kn (11.1 Km/h)
		8.3%	1.8%	6.0 kn (11.1 Km/h)
출항 내측	300m	8.3%	1.8%	4.0 kn (7.4 Km/h)
제1항로(비행루우 선반)	400m	8.3%	1.8%	6.0 kn (11.1 Km/h)
출항내측 우회항로	교량 200m 정류 300m	8.3%	1.8%	8.0 kn (11.1 Km/h)

(주) 울산항 내측 선은 6Kn는 현재의 울산 항로 선형에 따른 도선시 승하선 감속에 기인.

❖ 주요지역 혼잡도 분석 결론

18

인천대교 주변항로 혼잡도

■ 인천대교 주변항로의 혼잡도

- 인천대교는 중경간 항로폭 620m, 중경간 2개소 항로폭 각각 140m를 수용하는 제1항로로 계획하고 있다.
- 인천대교 통행규칙으로 10,000DWT(7,000GT급) 미만 선박으로 여객선과 위험물운반선이 아닌 선박은 중경간을 이용할 수 있도록 계획한다.
- 인천대교 중경간 항로를 통한선선 모두 이용한다고 가정할 때 2011년 기준으로 시간당 약 6.5척(시간당 1.2척선교통량으로 약 15.9척) 통행할 것으로 추정되며, 혼잡도 지수는 95.8%로 교통량에 따른 혼잡도는 상당하여 급격한 교통정체를 통한 운영이 필요하다.
- 따라서 혼잡도를 완화시키기 위하여 10,000DWT(7,000GT급) 미만 선박으로 여객선과 위험물운반선이 아닌 선박에 대하여 중경간을 위(100m) 이용하여 운항하도록 해상교통관리제(VTS)가 시행되어야 할 것이다.

❖ 범퍼모델과 혼잡도 지수

15

<표> 항로별 혼잡도 지수 범위

구분	혼잡도 지수 범위 (교통량에 따른 소요항로폭×100/기본 항로폭)		
	60% 미만	60~80%	70~100%
혼잡도 상황	비혼잡	일부혼잡	혼잡
항로 혼잡도 평가수준	교통량이 많지 않다.	교통량 증가 시 일부 혼잡이 발생할 수 있다.	교통량이 증가할 경우 혼잡이 발생할 수 있다.

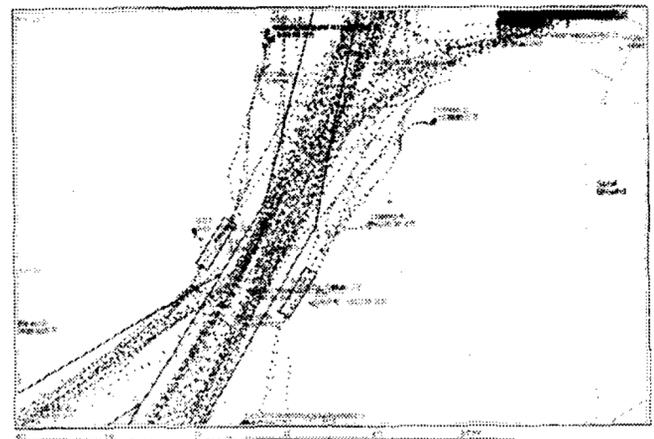
<참고> 주요 항만 선적교통량에 따른 혼잡도 지수

구분	연도	포항항역 교통량 (척/일)	거점 교통량 (척/일)	교통량 증가 소요항로폭 (m)	기본 항로폭 (m)	혼잡도 지수
부산 북항 전입항로	2006년	15.59	77.75	246	350	70.6
	2011년	15.29	76.45	243	350	69.4
거점 선항만 전입항로	2006년	4.96	24.80	90	600	15.0
	2011년	8.10	40.50	147	600	24.5
울산항 제1항로 진출입부	2006년	23.71	118.55	334	500	66.8
	2011년	25.13	125.65	354	500	70.3

❖ 교통흐름 조사 및 분석

22

• 섹터 3 "동항자료 합쳐도"



❖ 교통흐름 조사 및 분석 결론

섹터 3 : 남향 및 인천대교 구역

- 섹터 3-2. "인천대교 통행 초점순" 분석 결과
 - 주경간 통행선박은 일평균 155.3척(시간당 6.5척), 동측 측경간은 일평균 16척(시간당 0.7척), 서측 측경간은 일평균 6척(시간당 0.3척)
 - 전체 선박당 비율은 주경간, 동측 측경간 및 서측 측경간이 각각 66.6%, 8.9%, 4.5%를 차지하고 있다.

<표> 3일간 인천대교 통행 선박 총합소 (단위: 척)

구분	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	합계
주경간	15	18	22	25	28	32	35	38	42	45	48	52	55	58	62	65	68	72	75	78	82	85	88	92	1553
동측 측경간	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	160
서측 측경간	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	60

(*) 고조시 전용

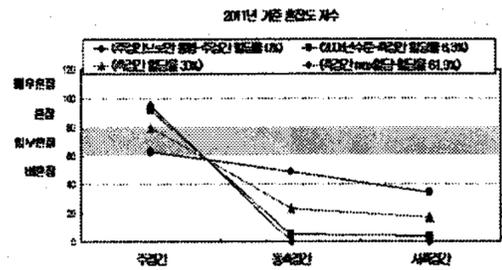
❖ 인천대교 주경간 및 측경간 교통량 시뮬레이션

범퍼모델 적용에 따른 혼잡도지수 결론 (2011년 기준)

<표> 인천대교에서의 범퍼모델의 범칙과 평균 항행속력

구분	항로폭 (ft)	후방제동거리		평균 항행속력	
		상측경	하측경		
인천대교	주경간 항로	620m	8.3L	3.2L	10.0 kts (18.52 Km/h)
	측경간 항로	140m	6.3L	1.8L	6.0 kts (11.11 Km/h)

- 2006년도 측경간 교통량 할당율 6.3% 수준 적용시 → 혼잡도 지수 92.3%
- 측경간 교통량 할당율 30% 수준 적용시 → 혼잡도 지수 79.7%
- 측경간 교통량 MAX 할당율 61.9% 수준 적용시 → 혼잡도 지수 62.7%



❖ 인천대교 주경간 및 측경간 교통량 시뮬레이션

측경간 할당율에 따른 인천대교 교통량 시뮬레이션

<표> 2011년도 추정 교통량에 측경간 할당율 반영 교통량 시뮬레이션결과 및 각 구간별 교통량 (단위: 척)

구분	인천대교			
	주경간	동측 측경간	서측 측경간	
2008년 관측 교통량 (관측설 포함)	일평균 155.3척 (시간당 6.5척) 86.6%	일평균 16척 (시간당 0.7척) 8.9%	일평균 6척 (시간당 0.3척) 4.5%	
2008년 관측 교통량 (관측설 제외)	일평균 108.9척 (시간당 4.5척) 82.7%	일평균 4.3척 (시간당 0.2척) 3.7%	일평균 3.4척 (시간당 0.1척) 2.6%	
2011년 교통량 추정치	2007년 인천대교 통행량 기준	일평균 129.8척 (시간당 5.2척) 92.7%	일평균 4.9척 (시간당 0.2척) 3.7%	일평균 3.4척 (시간당 0.1척) 2.6%
	측경간 할당율 30% 기준	일평균 92.5척 (시간당 3.8척) 70.0%	일평균 23.2척 (시간당 1.0척) 17.8%	일평균 18.4척 (시간당 0.7척) 12.4%
	측경간 할당율 MAX 기준 (61.9%)	일평균 50.3척 (시간당 2.1척) 36.1%	일평균 48.1척 (시간당 2.0척) 36.4%	일평균 33.7척 (시간당 1.4척) 25.5%

❖ 인천대교 측경간 통행선박 증대를 위한 조치

기본 전제

- 인천대교 통행체계의 시스템화를 통한 통행 안전 우선 확보
 - "제2인천대교 건설에 따른 안전조치 및 종합 운영체계 연구용역 최종보고서 (인천시방해양수산청, 2006.12)"
- 측경간 안전통행 보장조건 하에서 비로소 측경간 통행선박 증대 가능할 것.

안전확보 및 측경간 통행증대를 위한 조치

- 선박통행신호표지 설치 추진
 - IALA 권고 E-111에 근거한 "항만통행신호체계(이하 선박통행신호표지)" 설치 및 운영
- 선박통행 안전구역 제정
- 선박통행 통제방안 등의 교량관계 계획업 도입
- 교량 순찰선 24시간 운용
- 교량 남측의 동측 추돌구에 교량 순찰선 계류시설 확보

❖ 인천대교 주경간 및 측경간 교통량 시뮬레이션

피크타임시 인천대교 통행혼잡도 분석(2011년 기준)

- 2006년도 측경간 교통량 할당율 6.3% 수준 적용시
 - 주경간 피크시 편차 2.44척(시간당 평균 5.2척, 피크시 11척) : 2011년 피크타임시 12.7척(평균교통량) → 혼잡한 수준
 - 동측측경간 피크시 편차 5.0척(시간당 평균 0.2척, 피크시 1척) : 2011년 피크타임시 1척 → 원활한 소통
 - 서측측경간 피크시 편차 5.0척(동측측경간 피크시 편차수준) : 2011년 피크타임시 1척 → 원활한 소통
- 측경간 교통량 할당율 30% 수준 적용시
 - 주경간 피크시 편차 2.44척(시간당 평균 3.8척) : 2011년 피크타임시 9.3척(평균교통량) → 약간 혼잡 수준
 - 동측측경간 피크시 편차 5.0척(시간당 평균 1.0척) : 2011년 피크타임시 5척 → 원활한 소통
 - 서측측경간 피크시 편차 5.0척(시간당 평균 0.7척) : 2011년 피크타임시 3.5척 → 원활한 소통
- 측경간 교통량 MAX 할당율 61.9% 수준 적용시
 - 주경간 피크시 편차 2.44척(시간당 평균 2.1척) : 2011년 피크타임시 5.1척(평균교통량) → 원활한 소통
 - 동측측경간 피크시 편차 5.0척(시간당 평균 2.0척) : 2011년 피크타임시 10척 → 상당의 혼잡한 수준
 - 서측측경간 피크시 편차 5.0척(시간당 평균 1.4척) : 2011년 피크타임시 7척 → 약간 혼잡한 수준

❖ 결론 및 제언

결론

- 인천대교 2009년 현행시 주경간 항로폭 620m, 측경간 2개소 항로폭 각각 140m의 제1항로 제정
 - 주경간 항로만 이용시 혼잡도 지수 95.6% → 혼잡도 상당하여 심각한 교통문제 및 교통량 측경간 분산조치 필요
- 측경간 교통량 분산 목표치 :
 - 측경간 통행가능 선박(위험물운반선물 제외) 7,000GT 미만 선박의 50% 이상 수준(측경간 할당율 30%)을 초과해야
 - 혼잡도지수를 72.7% 이하로 낮출 수 있음. → 혼잡도 완화
- 측경간 교통량을 Max로 분산시(측경간 할당율 61.9%) → 혼잡도 지수 62.7%. 이때 동측 측경간은 피크타임시 혼잡발생

제언

- 인천대교 통행체계의 시스템화를 통한 교량 통행안전 우선 확보 조치 필요
- 선박통행신호표지, 교량 순찰선 배치 등 안전조치 확보 우선 과제