

해상교량 건설을 위한 선박통항 안전성 검토요소에 관한 연구-I.

박영수* · 박진수** · 고재용*** · 정재용**** · 이은*****

*목포해양대학교 연구자, **한국해양대학교 교수, ***목포해양대학교 교수,****목포해양대학교 교수,*****중앙해양안전심판원장

A Study on Consideration Factors of Traffic Safety Assessment on the Bridge Design-I.

Young-Soo Park* · Jin-Soo Park** · Jae-Yong Ko*** · Jae-Yong Jong**** · Eun Lee*****

*Researcher, Mokpo National Maritime University, Mokpo, 530-729, Korea

**Korea Maritime University, Pusan 606-791, Korea

***Mokpo National Maritime University, Mokpo, 530-729, Korea

***Mokpo National Maritime University, Mokpo, 530-729, Korea

*****Korea Maritime Safety Tribunal, Seoul, 120-715, Korea

요약 : 최근 우리나라의 해상에서는 육상과 섬 또는 섬과 섬을 연결하는 해상교량이 건설 중이거나 건설 예정이다. 선박의 통항로에 해상교량이 설치되면 선박통항의 안전성은 당연히 위해가 되지만, 국가 및 지역의 경제발전을 위해서 설치가 불가피한 경우도 있다. 이러한 선박통항 안전성과 지역 경제성 간에 트레이드 오프(trade off) 관계가 있는 해상교량을 설치하기 위해서는, 선박통항 안전성 면에서 고려되어야 할 요소를 해상교통공학적인 측면에서 조사·검토하고, 그 요소들을 평가하여 교통 흐름을 원활하게 하고 해역의 안전을 보장하기 위한 것이 이 연구의 목적이다. 주교각폭이 넓은 교량을 설치하면 선박의 통항 안전성 측면에서는 유리하겠지만, 지형적인 영향이나 경제성 측면 때문에 충분한 항로폭을 확보할 수 없는 경우도 있을 수 있다. 따라서 이 논문에서는 해상교통류 시뮬레이션 기법을 이용하여 선박통항의 안전성을 확보하기 위한 통항량 규제와 같은 대안을 검토한다.

핵심용어 : 주교각폭 설계, 선박통항 안전성, 설계 고려요소, 통항량, 조선 곤란성

ABSTRACT : Recently, bridge design and/or construction works on marine traffic route are undertaking in Korean waters.

Naturally the ship-handling difficulty and hazardous to navigation should be increased when the bridge is constructed on the shipping route. Unfortunately, however, it is impossible or not desirable to secure wide enough bridge span width due to geographical condition or economic point of view.

Therefore this study aims to propose the consideration factors during the bridge design process, and the traffic volume control, speed limit and other alternative measures to secure traffic safety using marine traffic flow simulation technique.

KEY WORDS : bridge span design, traffic safety assessment, consideration factor, traffic volume, ship-handling difficulty

1. 서 론

최근 우리나라의 해상에서는 육상과 섬 또는 섬과 섬을 연결하

*정회원, ys-park@hanmail.net 010)3856-1778

**정회원, jspark@hhu.ac.kr 051)410-4240

***정회원, kojy@mmu.ac.kr 061)240-7129

****정회원, jyjong@mmu.ac.kr 061)240-7308

*****정회원, leecun@momaf.go.kr 02)3148-6210

는 해상교량이 건설 중이거나 건설 예정이다. 선박의 통항로에 해상교량이 설치되면 선박통항의 안전성은 당연히 위해가 되지만, 국가 및 지역의 경제발전을 위해서 설치가 불가피한 경우도 있다. 이러한 선박통항 안전성과 지역 경제성 간에 트레이드 오프(trade off) 관계가 있는 해상교량을 설치하기를 위해서는, 선박통항 안전성 면에서 고려되어야 할 요소를 해상교통공학적인 측면에서 조사·검토하고, 그 요소들을 평가하여 교통 흐름을 원활히 하고 안전한 해역을 보장하기 하기 위한 것이 이 연구의 목적이다.

주교각폭이 넓은 교량을 설치하게 되면 선박의 통행 안전성 측면에서는 유리하겠지만, 지형적인 영향이나 경제성 측면 등 때문에 충분한 항로폭을 확보할 수 없는 경우도 있을 수 있다.

따라서 이 논문에서는 해상교통류 시뮬레이션 기법을 이용하여 선박통행의 안전성을 확보하기 위한 통행량 규제와 같은 대안 등을 검토한다. 이 대안의 효과를 검토하기 위하여 환경스트레스 모델(Kinzo Inoue, 2000)을 적용하여 정량적으로 평가한다.

2. 해상교통공학측면에서의 검토요소

해상교통공학은 해상에 있어서 교통 흐름의 실태를 파악하여 선박의 행동을 통계적으로 또는 해석적으로 표현하여 그 결과를 항로, 항만 등의 시설의 개선과 적당한 항행 관리와 조선(操船)기술의 개선에 기여하는 기술 분야라고 정의하고 있다(藤井, 1983). 여기서 교통 흐름의 실태를 파악하기 위해서는 그 해역의 통행 교통량, 선박의 종류와 크기 구성 형태, 항행루트와 교차상황, 속도분포 및 도착 시간분포 등의 교통요소들을 분석하여야 한다.

따라서 본 연구에서는 교량을 통행하는 선박의 안전성을 평가하기 위하여 상기 요소들을 평가하고자 한다. 그 첫 번째로 통행교통량과 선박의 크기를 검토요소로, 주교각폭을 파라미터로 하여 평가한다.

3. 교통류 시뮬레이션 조건

3.1 주교각폭 조건

인천 신공항 제 2연륙교는 2001년 한국해양연구원에서 선박조종 시뮬레이터를 실시(한국해양연구원, 2001)하였으나 한국도선사협회 인천지회에서는 675m의 주교각폭을 1,000m로 확장할 것을 요청하였으며, 또한 목포대교의 경우 설계상의 주교각폭은 400~500m이지만 한국도선사협회 목포지부에서는 주교각폭을 654m로 요구하고 있다. 한편 거제도과 가덕도를 연결하는 거가대교의 경우 주교각폭이 230m와 475m로 계획 중이다. 이러한 현실을 반영하여 본 연구에서는 200m~1,000m의 주교각폭을 해상교통류 시뮬레이션의 대상 주교각폭으로 설정하였다. 시뮬레이션 대상해역은 항행폭의 길이를 7마일로 설정하였다.

3.2 교량을 통행하는 선박의 발생 조건

선박의 항행은 교량의 주교각폭을 양방향으로 통행하는 것(Route 1~Route 2)으로 하였으며, 각 통행로상에 선박통행분포는 정규분포로 발생하였다. 선박의 크기 구성과 항행 속력은 현재 교량이 설치되어 있고 많은 선박이 통행하고 있는 일본의 備讚瀬戸海협회의 해상교통조사 자료(일본해난방지협회, 1999)를 사용하였다. 선박의 길이를 일반화한 L환산교통량을 선박의 크기 구성 비율이 다른 항만에서도 L환산교통량으로 표현할 수

있다는 선행연구(井上欣三, 2000)에 의해 우리나라 해역에서도 적용할 수 있다. 시간당 선박 발생척수는 장래 통행량 증가를 예상하여 시간당 10척, 20척, 30척으로 설정하였다. 선박의 항행 속력에 대하여도 Table 1에 나타난 각각의 평균과 표준편차를 갖는 정규분포로 통행 선박의 속력을 설정하였다.

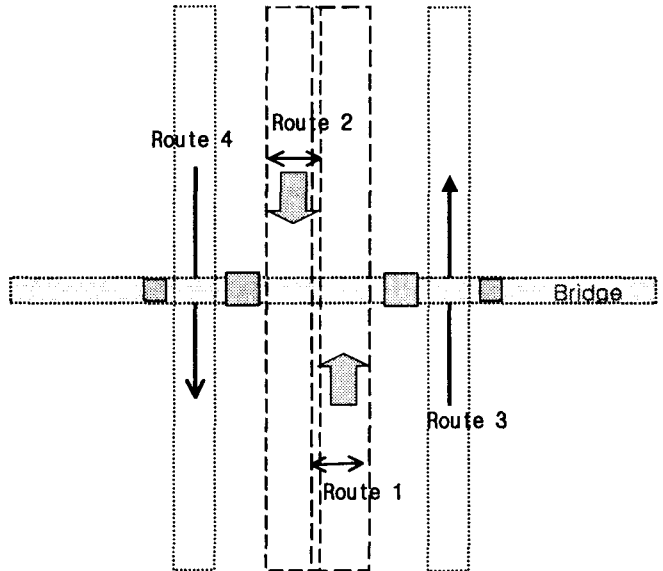


Fig. 1 Bridge Area Condition in Marine Traffic Simulation

Table 1 Ship Size and Ship Speed in Marine Traffic Simulation

Classification Ship Size	Ship Length(m)			Ship Speed(kts)	
	Average	Deviation	%	Average	Deviation
20-100GT	15.2	5.6	27.1	10.6	2.4
100-500GT	52.4	13.2	46.9	10.7	2.3
500-1,000GT	70.4	7.5	3.6	11.7	2.5
1,000-3,000GT	90.8	10.4	13.8	11.7	2.7
3,000-6,000GT	114.6	46.5	1.5	13.1	2.7
6,000-10,000GT	141.2	12.6	1.7	13.1	2.7
10,000-20,000GT	174.1	15.9	4.0	13.1	2.7
more than 20,000GT	266.0	44.0	1.4	13.1	2.7

3.3 피항 조선을 고려하지 않은 시뮬레이션

본 연구에서는 피항 조선을 고려하지 않은 해상교통류 시뮬레이션을 실시하였다. 이는 각 선박사이의 마주침에 따른 잠

재 부하의 크기를 명확하게 하기 위한 것이다. 즉, 피항 조선을 하지 않는다는 전제하에 선박간의 마주침이 시작하여 끝날 때까지 어느 정도의 부하가 가해지는지를 예측하여, 그것을 개개의 마주침에 있어서 본래 가해진 잠재적 부하로서 정량적으로 표현할 수 있다.

4. 평가모델

4.1 환경스트레스 모델의 적용

본 연구에서는 통항로상의 교통류에 대하여 항행 선박 1척별로 환경스트레스 모델을 적용함으로써 그 해역을 통과하여 소멸될 때까지 통항 루트상에 있어서 개개의 선박에 어느 정도의 조선 곤란성이 가해지는가를 평가하였다. 즉, 시뮬레이션 평가 대상 해역을 항행한 선박을 대상으로 각 선박에 가해진 환경스트레스치의 시계열 데이터를 수집하여, 그 통항로상에 있어서 선박 조종자가 허용할 수 없는 상황 즉 종합 환경스트레스치가 750 이상이 가해지는 비율 $[P(ES_A \geq 750)]$ 을 구하였다.

4.2 환경스트레스 모델

본 연구에서 적용된 평가모델인 환경스트레스 모델을 아래와 같다.

환경스트레스 모델은 본선을 둘러싸고 있는 주변환경을 조선환경과 교통환경으로 구분하고, 이 두 환경이 선박조종자에게 가해지는 부하의 정도를 정량적으로 평가하기 위해 개발된 모델이다. 이 모델은 조선환경과 교통환경이 선박조종자의 행동을 제약할 때 선박조종자에게 가해지는 부하의 크기를 행동 제약에 따른 조선 곤란함에 기초하여 정량화하였다.

자연조건, 지형조건, 시설조건 등과 같은 조선환경에 의해 제약을 받는 조선수역은 선박조종자의 행동을 제약하는데, 이때 선박조종자가 느끼는 곤란도를 정량화한 것이 조선환경스트레스 모델이다. 한편, 다른 선박의 교통흐름과 같은 교통환경이 조선상의 행동을 제약하게 되는데, 이 때 선박조종자가 받는 조선부담의 크기를 정량화한 것이 교통환경스트레스 모델이다.

이처럼 본선을 둘러싸고 있는 자연조건, 지형조건, 시설조건, 타 선박 등의 환경으로 인해 선박조종자가 느끼는 부담의 크기를 정량화하여 환경요소가 조선곤란성에 어느 정도 영향을 주는가를 지표로 표현할 수 있다. 즉, 환경스트레스모델이란 환경으로 인한 조선곤란도 평가를 위해 개발된 평가모델이다. 주어진 환경에서 잠재하는 위험이 가시화 되어 선박조종자가 받는 환경스트레스의 크기를 「환경스트레스치」라 한다. 환경스트레스치는 지형이나 시설물 등 조선환경에 기인하는 스트레스의 크기인 「조선환경스트레스치(Land of ES value, ES_L 치)」와, 타 선박에 기인하는 스트레스의 크기인 「교통환경스트레스치(Ship of ES value, ES_S 치)」로 구성되며, 두 스트레스치를 종합하여 「종합환경스트레스치(Aggregation of ES value, ES_A 치)」라 한다. 종합환경스트레스치의 개념은 Fig. 2와 같으며 본

연구에서는 주교각폭과 통항 교통량을 고려하기 때문에 ES_A 치를 사용한다.

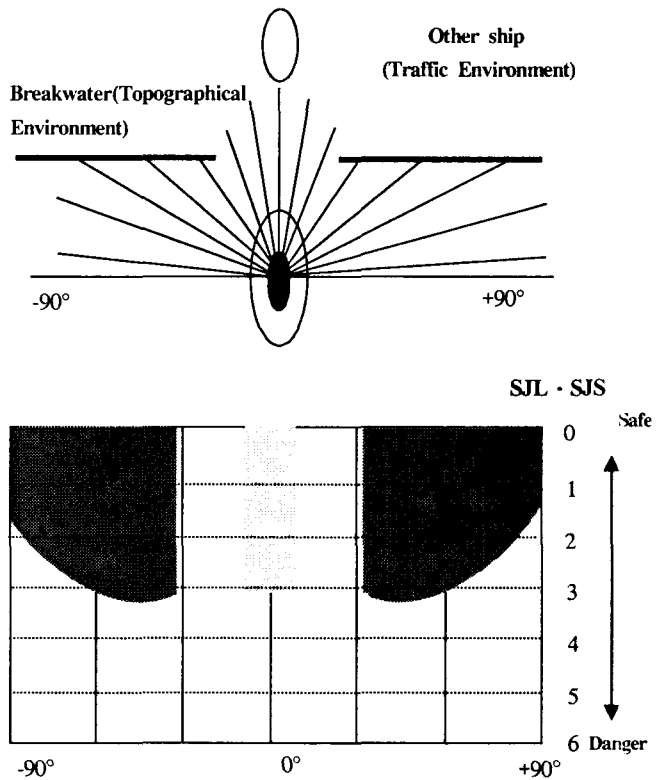


Fig. 2 ES_A Concept Diagram

4.3 환경스트레스치와 선박조종자의 허용기준

조선환경스트레스와 교통환경스트레스를 구하는 계산식은 드선사, 선장들을 대상으로 한 설문조사와 선박조종시뮬레이션 실험을 실시하여 조선환경과 교통환경에 대해 느끼는 위험감의 결과를 회귀 분석하여 도출한 회귀식이다.

1) 조선환경스트레스치의 계산법

조선환경스트레스치의 계산식은 장애물까지의 여유시간과 선박조종자가 느끼는 위험감의 관계를 정리하여 도출한 회귀식이다.

조선환경스트레스치를 계산하는 순서는 다음과 같다.

- ① 본선의 침로에 대하여 좌우 $\pm 90^\circ$ 이내의 침로 범위를 탐색한다.
- ② 각 침로별로 본선과 장애물과의 거리(R), 본선의 속도(V) 등에 의해 충돌 혹은 좌초 등의 위험이 가시화 될 때까지 시간적 여유(R/V)를 산출한다.
- ③ 위험 가시화까지의 시간 여유(R/V)를 선박조종자가 느끼는 위험감으로 산출한다.

Fig. 2에서 육지에 대한 주관적 위험감 값(SJL)은 선박조종자가 조선환경에 대해 느끼는 위험감의 정도를 의미하는 것으로 조선환경 스트레스치라 하며, 본선의 침로로부터 좌우 $\pm 9^\circ$ 의 범위를 1° 씩 탐색한 후 선박조종자가 느끼는 위험감과 곱하여

구한다. 육지에 대한 주관적 위험감이 0인 경우는 위험 가시화까지의 시간적 여유가 충분한 경우를 말하고, 육지에 대한 주관적 위험감이 6인 경우는 바로 위험이 가시화되는 경우이다. 좌우 $\pm 90^\circ(180^\circ)$ 범위 내에서 장애물이 존재하지 않는 경우에는 위험감의 최소값인 0에 180을 곱하면 그 범위에서의 조선환경 스트레스치의 총합은 0이 된다. 또한 좌우 $90^\circ(180^\circ)$ 범위의 어디를 향하더라도 바로 위험이 가시화되는 경우에는 최대 값인 6을 곱하여 그 범위에서의 조선환경 스트레스치의 총합은 1,000이 된다($6 \times 180 = 1,000$).

여기에서 조선환경 스트레스치가 0~500인 경우는 어느 쪽을 향하여도 매우 안전하다고 느끼는 상태에서 안전과 위험의 어느 쪽도 아니라고 느끼는 상태까지의 범위를 의미하기 때문에 "허용가능"으로 판단하고, 500~750인 경우에는 안전과 위험의 어느 쪽도 아니라고 느끼는 상태에서 조금 위험을 느끼는 상태까지의 범위를 의미하기 때문에 마찬가지로 "허용가능"으로 판단한다. 그러나 750~900인 경우에는 조금 위험을 느끼는 상태에서 위험을 느끼는 상태까지의 범위이므로 "허용한계"로 판단하며, 900~1,000인 경우에는 위험을 느끼는 상태에서 매우 위험을 느끼는 상태까지의 범위이기 때문에 "허용불가"로 판단한다.

선행 연구에서는 본선 주위의 환경이 어느 정도이면 선박조종자에게 어느 정도의 부하가 가해지는지, 그 부하가 어느 정도이면 선박조종자가 허용할 수 없는지를 표현하는 지표와 기준은 없었다. 그러나 이 연구에서의 환경스트레스치는 부하수준과 허용관계를 적용하여 환경이 선박조종자에게 가하는 부하의 크기를 정량화하여 환경요소가 조선곤란성에 어느 정도 영향을 주는가를 지표로서 표현하였다.

2) 교통환경스트레스치의 계산법

교통환경스트레스치를 구하는 구체적인 순서는 다음과 같다.

- ① 본선 주위에 타 선박의 침입을 허용하지 않는 영역을 설정하고 타 선박의 상대침로 벡터가 설정영역 내에 침입하는 경우에는 충돌이 잠재한다고 생각한다.
- ② 본선의 침로에 대하여 좌우 $\pm 90^\circ$ 의 침로 범위를 설정한다.
- ③ 원침로에 대하여 좌우 $\pm 90^\circ$ 의 침로 범위 내에서 각 침로($\Delta \Psi$)에서 위험이 가시화 될 때까지의 시간 여유를 구한다. 여기에서 타 선박은 점으로 간주하고 본선 주위에 설정한 ①의 영역에 침입할 때까지의 시간을 구하여 위험이 현재화될 때까지의 시간여유로 구한다.
- ④ 각 침로별로 구한 위험 가시화까지의 시간적 여유에 대하여 선박조종자가 느끼는 위험의 정도를 설문 조사하여 산출한 회귀식을 이용하여 치환한다.

또한 타 선박에 대한 주관적 위험감 값(SJS)과 선박조종자가 느끼는 위험감의 관계는 육지에 대한 주관적 위험감의 경우와 동일하며, 주위를 항행하는 모든 타 선박을 대상으로 한다.

3) 종합환경스트레스치의 계산법

조선환경과 교통환경을 동시에 평가하는 경우에는 다음과 같다.

- ① 원침로 좌우 $\pm 90^\circ$ 에서 각 침로별로, 본선의 선수를 그 방향으로 향할 때에 잠재하는 장애물에 대한 충돌 위험감(SJL)과, 그 방향으로 향할 때에 잠재하는 타 선박과의 충돌 위험감(SJS)을 비교한다.
- ② 각 침로에 대하여 위험이 가시화되는 경우, 시간적 여유를 기초로 위험감 값 중에서 큰 값을 선택한다.
- ③ 원침로 좌우 $\pm 90^\circ$ 의 침로 범위에서 선택된 위험감의 값을 합계한다.

이 결과를 그 순간에 통합한 것이 종합환경스트레스치이다.

$$ES_L = \sum_{\psi} \{W\Psi(R/V)_{land} \rightarrow SJL\}$$

$$ES_S = \sum_{\psi} \{W\Psi(R/V)_{ship} \rightarrow \max\{SJS\}\}$$

$$ES_A = \sum_{\psi} \max\{SJL, SJS\}$$

Table 2 Stress Ranking and Acceptance Criteria

SJ: MARINERS' JUDGEMENT	ES VALUE $\sum\{SJ\}$	STRESS RANKING	ACCEPTANCE CRITERIA
0 Extremely safe	[0]	NEGLECTIBLE	ACCEPTABLE
1 Fairly safe			
2 Somewhat safe			
3 Neither safe or dangerous	[500]	MARGINAL	UNACCEPTABLE
4 Somewhat dangerous		CRITICAL	
5 Fairly dangerous	[600]	CATASTROPHIC	
6 Extremely dangerous	[1000]		

5. 주교각폭과 통항량의 관계

5.1 주교각폭의 확장에 의한 조선 곤란성 감소 효과

동일한 통항 교통량 조건에서 주교각폭의 변화에 따른 선박조종자에게 가해지는 부하가 어떻게 변화할까에 대하여 분석하여 정리한 것이 Table 3이며, 이 표에 나타난 비율은 선박조종자가 허용할 수 없는 부하의 비율인 $[P(ES_A \geq 750)]$ 의 값이다. Table 3을 그래프 위에 나타낸 것이 Fig. 3이며, 이 그림의 횡축에는 L환산교통량을, 종축에는 통항 루트상에 있어서 선박 조종자에게 있어 허용 불가능한 부하, 즉 종합환경 스트레스치 750 이상이 가해진 비율 $[P(ES_A \geq 750)]$ 을 구하여 주교각폭의 변화와 통항 선박에 가해진 조선 곤란성의 관계를 표시하였다.

교통류 시뮬레이션의 실행에 있어서 목표 발생선박 척수는 1시간당 10, 20, 30척의 3종류로 하였고 L환산교통량으로 기준화할 때의 표준선의 길이는 70m로 하였다.

Table 3 Ship-handling Difficulty between Bridge Main Span Width and Traffic Volume

Traffic Volume per hour \ Bridge Span Width	10	20	30	Reduction Ratio(per 10ships)
200m	20.9%	36.0%	51.9%	15.5%
300m	15.0%	27.5%	39.9%	12.5%
400m	12.0%	23.0%	34.0%	11.0%
500m	10.5%	20.8%	31.0%	10.3%
600m	9.3%	18.5%	28.0%	9.4%
800m	8.3%	16.5%	25.2%	8.45%
1000m	7.5%	14.0%	23.0%	7.75%
Reduction Ratio (per 100m)	1.68%	2.75%	3.61%	

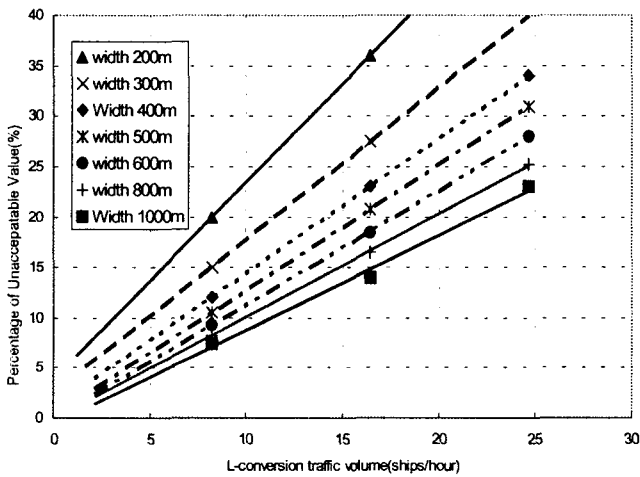


Fig. 3 Ship-handling Difficulty of Each Bridge Main Span Width

위의 Table 3과 Fig. 3으로 알 수 있는 것은 정리하면 다음과 같다.

- (1) 통행 교통량이 동일한 경우에, 주교각폭이 넓을 수록 선박 조종자에 가해지는 조선 곤란성은 작다. 예를 들면 시간당 L환산 통행 교통량이 10척일 경우에는, 주교각폭 400m는 $[P(ES_A \geq 750)]$ 의 값이 12.0%인 반면, 주교각폭 1,000m는 $[P(ES_A \geq 750)]$ 이 8.5%로 약 5.5%의 차이를 보인다.
- (2) 통행 교통량이 동일한 조건에서는 주교각폭을 확장 변경할 경우의 조선 곤란성의 완화 효과는 주교각폭이 넓은 경우보다 좁은 경우가 주교각폭의 확장 효과가 크다. 예를 들면, L환산 시간당 통행량이 10척일 경우, 주교각폭이 800m를 1,000m로 확장할 경우는 $[P(ES_A \geq 750)]$ 의 값이 1.2% 감소 효과가 있는 반면, 주교각폭이 400m를 600m로 확장할 경우는 $[P(ES_A \geq 750)]$ 의 값이 3.5%의 감소 효과가

있어 약 2.3%의 감소 효과에 차이를 보인다.

- (3) 주교각폭 확장 변경에 의한 조선 곤란성 감소 효과는 통행 교통량이 적을 경우보다 통행 교통량이 많을 경우가 더욱 효과가 크다. 예를 들면 주교각폭이 400m에서 600m로 확장할 경우는 L환산 통행 교통량 10척에서는 $[P(ES_A \geq 750)]$ 의 값이 약 3%의 감소 효과가 있고, L환산 통행 교통량 20척에서는 $[P(ES_A \geq 750)]$ 의 값이 약 5%의 감소 효과가 있다.

교량을 통행하는 선박의 조선 곤란성과 주교각폭의 관계로부터 통행 가능한 설계 기준과 통행 교통량의 관계를 나타내는 Fig. 4를 작성하였다. Fig. 4에 플롯팅 되어 있는 점은 현재 계획 중인 인천항 제 2연육교의 주교각폭과 통행 교통량을 가지고 표시(◆)하였으며, 현재의 교통상황(JMS, 2004)에서는 $[P(ES_A \geq 750)]$ 의 값이 약 10%이다. 하지만 인천항의 장래 교통량은 물동량과 대형선의 통행 증가로 인하여 약 2배의 교통량이 증가(JMS, 2004)할 것으로 예상되어, 선박 조종자가 조선에서 느끼는 허용 불가능한 값이 약 18%정도(◆)가 될 것이다. 바꾸어 말하면 장래의 인천항에 통행 교통량의 증가로 인하여 조선 곤란성이 증가할 것이며, 이를 극복하기 위하여는 설계 단계에서의 주교각폭 확장 또는 통행 교통량의 통행량 규제(시간적·공간적 규제) 등이 필요하다. Fig. 4를 이용하면 주교각폭 확장과 통행 교통량의 규제간의 관계를 명확히 알 수 있고, 교량 건설시 주교각폭의 통행 안전성 평가에는 반드시 선박 통행량을 고려하여야 한다고 할 수 있다.

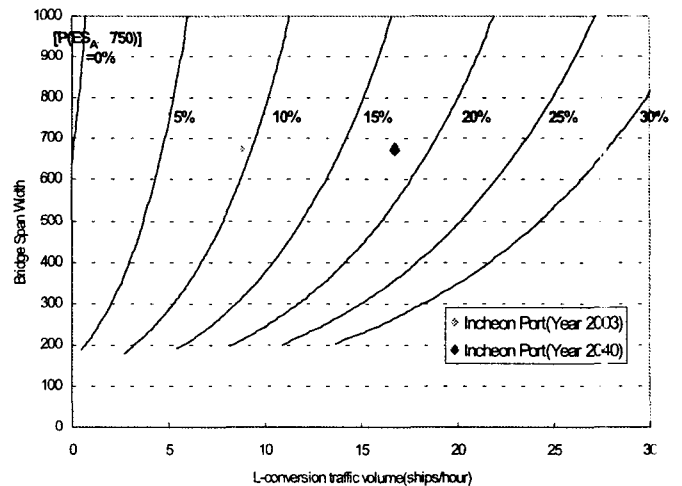


Fig.4 Design Table of Bridge Main Span Width

5.2 선박의 크기에 의한 조선 곤란성의 차이

동일한 항행 환경에서도 주위 환경에 따라 가해지는 조선 곤란성은 선박의 크기에 따라 상이할 것으로 예상된다. 교량을 항행하는 선박의 크기에 따른 조선 곤란성 정도에 대하여 분

석하였다.

여기에서는 주교각폭이 400m의 경우와 1,000m의 경우를 예시하여 Fig. 5와 같이 나타내었다. 그리고 선박의 크기를 소형선(총톤수 20톤~1,000톤), 중형선(총톤수 1,000톤~10,000톤), 대형선(총톤수 10,000톤 이상)의 3종류로 나누어 정리하였다.

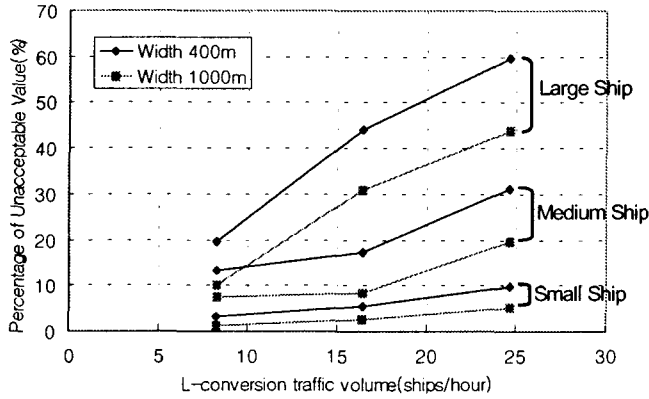


Fig. 5 Ship-handling Difficulty of Each Ship Size

위 그림에서 알 수 있는 것은

- (1) 주교각폭이 좁을수록 선박의 크기에 관계 없이 조선 곤란성의 값이 높다.
- (2) 동일한 주교각폭일 경우 대형선박의 경우가 조선 곤란성이 높고, 조선 곤란성 감소 효과도 높다. 구체적으로 주교각폭이 400m일 경우, 대형선박에서 통항 교통량 10척당 $[P(ES_A \geq 750)]$ 의 20% 감소가, 중형선박에서 15% 감소, 소형선박에서 5% 감소 효과가 있다. 또 주교각폭이 1,000m일 경우, 대형선박에서 15% 감소, 중형선박에서 12% 감소, 3% 감소 효과가 있다.

즉, 대형선박의 조선 곤란성은 통항 교통량이 증가함에 따라 높아지는 것을 알 수 있고, 주교각폭이 좁을수록 더욱 조선 곤란성이 높아지는 것을 알 수 있다.

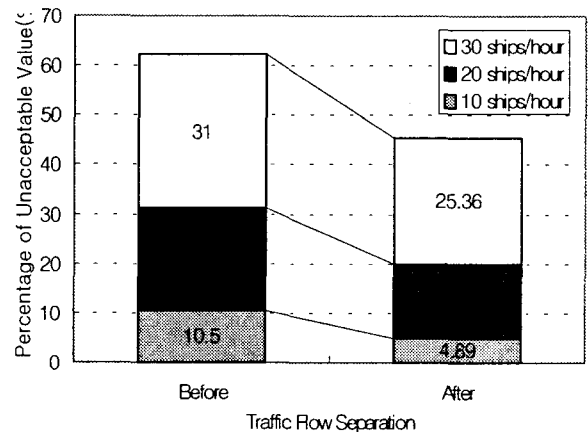
5.3 교통류 분리의 효과

이러한 조선 곤란성을 감소시키는 방법 중 통항 교통량을 시간적 공간적으로 분리하는 방법을 들 수 있다. 본 연구에서는 Fig. 1의 주교각의 측면 항로(Route 3~Route 4)에 소형선박의 통항이 가능한 수역(예를 들면 인천 제 2연육교)이 존재할 때, 교통류를 분리함으로써의 통항 교통량을 시간적 공간적으로 분리하는 방법을 채용하였다.

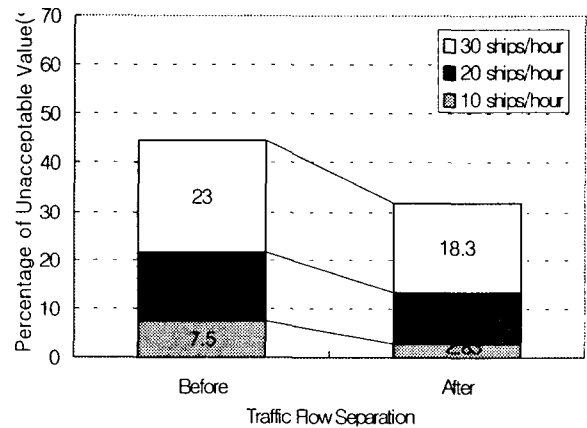
주교각폭의 충분한 확장이 어려운 경우, 교통류를 분리하는 방법으로 소형선박이 주교각의 주항로가 아닌 보조 항로로 분리하는 방안을 생각할 수 있다. 5.2절에서 소형선박의 조선 곤란성 감소 경향은 작지만, 소형선박의 통항량이 많기 때문에 공간적으로 분리함으로써 얻을 수 있는 효과에 대하여 분석하

였다. 소형선박의 대상 크기는 항구별로 다소 차이는 있겠지만 본 연구에서는 총톤수 1,000톤 이하의 선박이 측면 보조 항로만을 이용하는 것으로 설정하였다.

여기에서는 주교각폭 500m의 경우와 1,000m의 경우를 예시하여 Fig. 6과 같이 교통류 분리 전후에 조선 곤란성의 감소 효과에 대하여 나타내었다.



(a) Case of Width 500m



(b) Case of Width 1000m

Fig. 6 Ship-handling Difficulty of Traffic Flow Separation on Sub-route

이미 건설되거나 또는 건설 중인 교량의 주교각폭의 확장이 어려울 경우, 통항 교통량의 교통류를 분리함으로써 $[P(ES_A \geq 750)]$ 의 값이 조선 곤란성의 감소 효과가 주교각폭 500m와 1,000m의 경우에는 약 3~5% 보인다. 이것을 Fig. 4를 이용하여 대상 항만에 L환산 통항 교통량이 15척인 경우를 생각하면 주교각폭 약 300m의 확장과 동일한 감소 효과가 있다는 것을 알 수 있다. 즉, 교통류 분리효과는 통항 교통량의 규제와 동

일한 역할을 하여 조선 곤란성 감소 효과에 효율적이다.

6. 결 론

해상교통공학적인 측면에서 교량을 통항하는 선박의 안전성을 평가하기 위하여서는 통항 교통량, 선박의 종류와 크기 구성 형태, 항행루트와 교차상황, 속력분포, 도착 시간분포 등의 교통요소들을 평가하여야 한다. 본 연구에서는 그 첫 번째 단계로 통항 교통량과 선박 크기를 검토 요소로 하여 주교각폭을 변수로 조선 곤란성 측면에서 선박의 크기별로 평가하였다.

1) 동일한 교량의 주교각폭에서도 통항 교통량의 증감에 따라 조선 곤란성에는 큰 차이를 보이는 것을 정량적으로 평가할 수 있었다. 그래서 교량 건설시 주교각폭 통항 안전성 평가에는 반드시 통항 교통량을 고려하여야 한다.

2) 이미 건설되거나 또는 건설중인 주교각폭과 관련하여 통항 교통량을 공간적으로 분산시키는 방법(교통류 분리제도)을 제시하여 주교각폭의 확장과 동일한 효과를 가지는 것을 정량적으로 평가하였다. 본 연구에서 제시한 방법 중 교통류 분리 제도는 완전한 PTMS 지원하에서 가능하리라 사료된다.

아울러, 이러한 해상교통류 시뮬레이션에서 재현된 교통 상황 중 가장 위험한 선박 마주침 형태를 선박 조종 시뮬레이터에 적용하여 평가하는 것이 더욱 바람직하리라 생각된다.

참 고 문 헌

- [1] 한국해양연구원(2001): 인천국제공항 제 2연륙교 선박운항 안전성 평가 연구 용역
- [2] 藤井弥平, 卷島勉, 原潔(1983):海上交通工学, 海文堂
- [3] 日本海難防止協會(1999): 南北備讃瀬戸大橋の緩衝工に関する調査検討研究書, pp.16~31
- [4] 井上欣三・朴榮守(2000): 海上交通管理に関する基礎的研究-I -交通量総量規制の効果とその評価, 日本航海学会論文集, 第105号, pp.69-76
- [5] Inoue Kinzo(2000): Evaluation Method of Ship handling Difficulty for Navigation in Restricted and Congested Waterways, The Royal Institute of Navigation, Volume 53, Number 1, pp.167-180
- [6] Japan Marine Science(2004): Ship Navigation Safety Assessment(Incheon 2nd Bridge, South Korea)