

■ 論 文 ■

해상교통류 시뮬레이션을 이용한 통항분리제도의 정량적 효과평가

An Assessment of the Quantitative Effect of TSS by Vessel Traffic Flow Simulation

박 영 수

(일본해양과학 연구원)

정 재 용

(한국해양대학교 시간강사)

박 진 수

(한국해양대학교 교수)

井上欣三

(고베상선대학 교수)

목 차

- I. 서론
- II. 교통류 시뮬레이션 조건 설정
 - 1. 해석조건 및 해상교통류
 - 2. 중앙부표와 통항분리대의 설치
- III. 평가모델
 - 1. 모델의 개념
 - 2. 환경스트레스치와 선박조종자의 허용기준
- IV. 중앙부표와 통항분리대의 설치 효과
 - 1. 중앙부표와 통항분리대의 유무에 의한 조선곤란성
 - 2. 선박크기에 따른 효과
 - 3. 환경스트레스치와 해양사고와의 관계
- VI. 결론
참고문헌

Key Words : 해상교통류, 통항분리제도, 환경스트레스모델, 수로폭, 해양사고

요 약

해상교통관리는 통항방식의 설정, 교통량의 총량 규제, 교통류의 정류, 항행속력의 규제, 교통신호에 의한 관제, 항행지원정보의 제공 등 선박교통의 안전을 위해 실시되는 관리적 기술 수단이라고 정의할 수 있다. 이러한 해상교통관리 수단 중에서 통항분리제도가 널리 이용되고 있지만, 통항분리를 통한 선박간의 마주침 감소 또는 소멸로 인한 선박조종자의 조선곤란성 완화효과에 대하여 검토한 연구는 거의 없다. 이 연구에서는 중앙선 표시가 없는 왕복수로에서 (1)수로중앙에 부표(buoy)를 설치하는 경우, (2)통항분리대를 설정하는 경우, (3)일방통항수로로 바꾸는 경우 등과 같은 교통관리 방안을 도입하는 경우, 수로를 항행하는 선박조종자에 부가되는 부하의 정도(조선곤란성)를 환경스트레스(Environmental Stress:ES)치라는 지표를 사용하여 그 효과를 정량적으로 평가하였다.

이 연구의 주요 결과는 다음과 같다.

- (1) 교통량이 동일한 조건에서 수로 중앙에 부표를 설치하면 선박조종자의 부하 값(허용 불가능한 값)이 약 23%, 통항분리대를 설정하면 약 32%, 일방 통항수로로 바꾸면 약 50%가 완화되었다.
- (2) 수로 폭이 동일한 경우 교통량이 적은 경우보다 교통량이 많은 경우가 부표 설치와 통항분리대 설정에 의한 통항분리 효과가 크게 나타났으며, 대형선일수록 각 교통관리 방안의 도입에 따른 조선곤란성의 완화 효과가 크게 나타났다. 또한 교통량이 동일한 경우 수로 폭이 넓은 경우보다 수로 폭이 좁은 경우에 대형선의 조선곤란성 완화 효과가 크게 나타났다.
- (3) 통항분리방식의 도입에 따른 효과는 수로 폭이 좁고 교통량이 많은 경우에 가장 크게 나타났다.

1. 서론

일반적으로 해상교통관리는 항만교통관리제도(Port Traffic Management Services:PTMS) 또는 선박교통관리제도(Vessel Traffic Services:VTS)에 의한 정보제공, 항행원조 및 교통관리서비스를 의미한다. 이러한 해상교통관리제도는 선박의 항행 안전성을 향상시키기 위한 관리 대책의 한 수단이지만, 통행방식의 설정, 교통량의 총량규제, 교통류의 정류, 항행속력의 규제, 교통신호에 의한 관제, 항행지원정보의 제공 등 선박교통안전을 위해 실시되는 관리적 기술 수단을 해상교통관리라고 정의할 수 있다(박영수, 2001).

해상교통관리 수단 중에서 통행분리제도가 가장 널리 이용되고 있다. 이 방식은 선박의 교통흐름을 분리함으로써 마주치는 기회를 감소시켜 해상교통안전을 향상시키는 효과적인 관리수단으로 알려져 있다. 지금까지 왕복수로에 중앙부표 설치와 통행분리대(Traffic Separation Scheme) 등이 도입되었지만, 통행분리에 의해 선박의 마주침이 감소되거나 소멸되어 선박조종자의 조선곤란성을 어느 정도 완화시키는데에 대한 효과를 검토한 연구는 미비하였다.

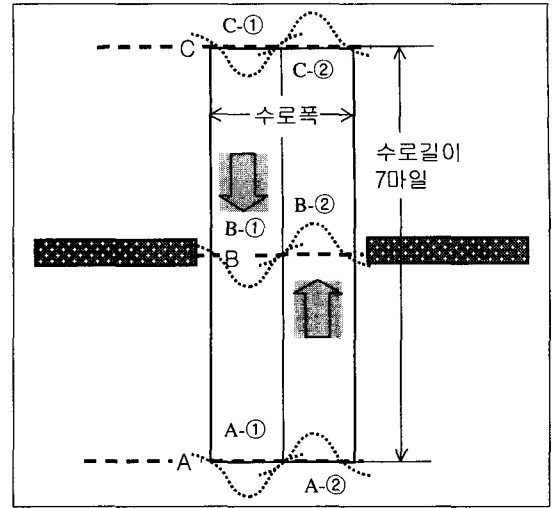
이 연구에서는 중앙선 표시가 없는 왕복수로에 수로중앙 부표를 설치하는 경우, 통행분리대를 설정하는 경우, 일방통행으로 수로를 변경하는 경우 등과 같은 교통관리 방안을 도입할 경우 선박조종자에 부가되는 부하의 정도(조선곤란성)를 환경스트레스(Environmental Stress, ES)치(Kinzo Inoue, 2000)라는 지표를 사용하여 그 효과를 정량적으로 평가하고자 한다.

II. 교통류 시뮬레이션 조건 설정

1. 해역조건 및 해상교통류

1) 해역조건

시뮬레이션 대상 수역 폭은 우리나라의 대표적인 항만인 부산항 외항 방파제의 폭(약 400미터), 인천항의 수로 폭(1,000미터)을 고려하여 설정하였다. 한편 수로의 길이는 본선(本船)의 정침에 소요되는 시간 등을 고려하여 방파제 전·후에 3.5마일씩 총 7마일로 하여(〈그림 1〉 참조), 이 수역 전체를 평가대상으로 한다.



〈그림 1〉 왕복수로의 결정

2) 해상교통류

(1) 교통류 생성

〈그림 1〉에 표시한 목시선(目視線, Gateline) C-①에서 정규난수를 이용하여 남쪽으로 항행하는 선박의 발생위치를 결정하고, 목시선 B-①, A-①에서도 동일한 방법으로 선박의 통과위치를 결정한다. 또한 북쪽으로 항행하는 선박의 발생위치는 A-②, B-②, C-②에서 정규난수를 이용하여 선박의 통과위치를 결정한 후 각 지점을 연결한 경로 상에 선박을 항행시킨다.

(2) 선박의 발생척수, 크기 구성 및 항행속력

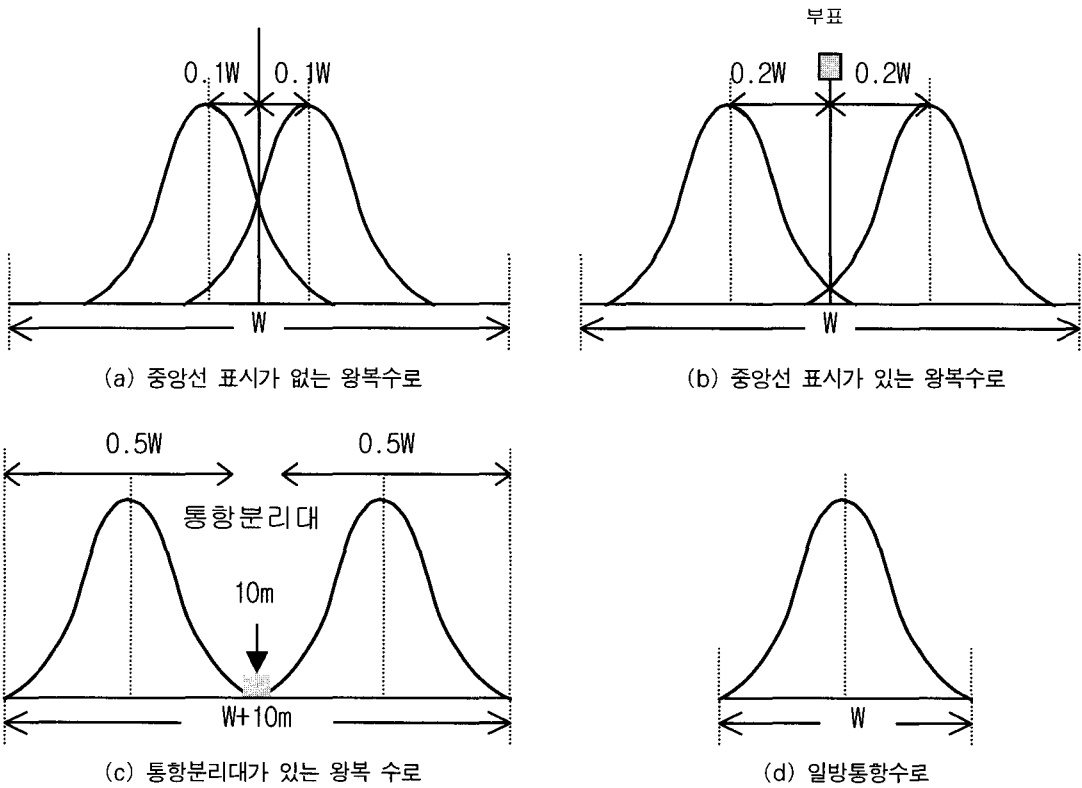
선박의 발생척수, 크기 구성 및 항행속력은 부산항 항만교통정보센터에서 실시한 해상교통실태조사 결과를 적용한다. 부산항의 시간당 교통량이 최저 5척에서 최고 27척으로 조사되어 시뮬레이션에서는 10척, 20척, 30척으로 구분하여 선박을 발생한다. 선박의 크기와 항행속력은 해상교통실태조사 결과를 기초로 하여 〈표 1〉과 같이 설정한다. 시뮬레이션 시간은 7시간이며 이 중 최초 1시간과 최후 1시간을 제외한 5시간의 교통류 데이터를 평가한다.

2. 중앙부표와 통행분리대의 설정

선박이 중앙선 표시가 없는 좁은 수로를 양방향으로 항행하는 경우에는 우측으로 통행해야 한다. 그러나

〈표 1〉 발생 선박의 선박크기 구성 및 항행속력

구분	평균길이 (m)	길이의 표준편차	선박크기의 구성비율(%)	평균속력 (kts)	속력의 표준편차
20~100 총톤 미만	15.2	5.6	27.1	10.6	2.4
100~500 총톤 미만	52.4	13.2	46.9	10.7	2.3
500~1,000 총톤 미만	70.4	7.5	3.6	11.7	2.5
1,000~3,000 총톤 미만	90.8	10.4	13.8	11.7	2.7
3,000~6,000 총톤 미만	114.6	46.5	1.5	13.1	2.7
6,000~10,000 총톤 미만	141.2	12.6	1.7	13.1	2.7
10,000~20,000 총톤 미만	174.1	15.9	4.0	13.1	2.7
20,000 총톤 이상	266.0	44.0	1.4	13.1	2.7



〈그림 2〉 항적분포모델

실제로 선박이 항행한 항적은 선박조종자의 심리적 영향으로 인하여 항로의 중앙으로 집중되는 경향이 있다. 이러한 상황에서 통항 안전을 도모하기 위해 수로중앙에 부표를 설치하면, 선박의 항적이 약간 좌우로 분리된다. 보다 적극적인 방법으로 선박의 항행을 금지하는 좁은 벨트 모양의 통항분리대를 설정하게 되면, 비록 선박이 분리대 쪽으로 접근하기는 하지만 반대편 항로를 침범하지는 않는다. 이러한 사고(思考)

를 발전시키면 완전한 일방 통항수로에 이른다.

이 연구에서는 중앙선 표시가 없는 왕복수로의 경우 〈그림 2(a)〉, 수로중앙에 부표를 설치하는 경우〈그림 2(b)〉, 수로중앙에 통항분리대(폭 10m)를 설치하는 경우 〈그림 2(c)〉, 왕복수로를 일방통항수로로 변경하는 경우 〈그림 2(d)〉를 대상으로 조선곤란성 변화를 검토한다.

모든 경우에서 각 항로의 항적은 수로 폭의 절반이 되는 정규분포의 $\pm 2\sigma$ 의 범위 내에 설정한다. 항적

분포의 평균치 위치는 Inoue(1977)가 제안한 항적분포 모델을 기초로 하여 아래와 다음과 같이 설정한다.

- ① 중앙선 표시가 없는 왕복수로 : 수로 중앙선과 평균치 위치의 간격은 수로 폭의 10%
- ② 중앙선 표시가 있는 왕복수로 : 수로 중앙선과 평균치 위치의 간격은 수로 폭의 20%
- ③ 통항분리대가 있는 왕복수로 및 일방통행수로: 평균치 위치는 수로 중앙선과 일치

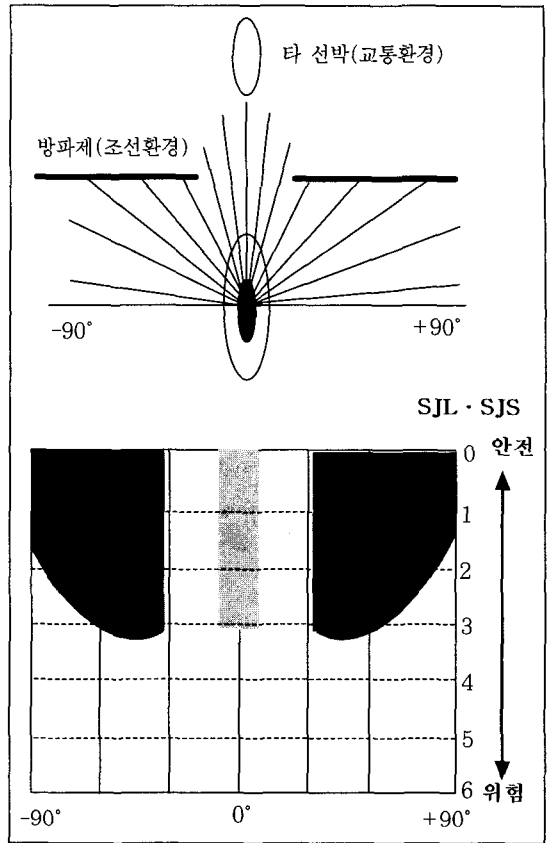
III. 평가모델

1. 모델의 개념

환경스트레스모델은 본선을 둘러싸고 있는 주변환경을 조선환경과 교통환경으로 구분하고, 이 두 환경이 선박조종자에게 가해지는 부하의 정도를 정량적으로 평가하기 위해 개발된 모델이다. 이 모델은 자연조건, 지형조건, 시설조건 등의 조선환경과 타 선박 등의 교통환경이 선박조종자의 행동을 제약할 때, 선박조종자에게 가해지는 부하의 크기를 행동 제약에 따른 조선곤란도에 기초하여 정량화 하였다.

자연조건, 지형조건, 시설조건 등에 의해 제약을 받는 조선수역은 선박조종자의 행동을 제약하는데 이때 선박조종자가 느끼는 곤란도를 정량화 한 것이 조선환경스트레스모델이다.

또한 타 선박의 교통흐름은 본선의 조선상 행동을 제약하게 되는데, 이 때 선박조종자가 받는 조선부담의 크기를 정량화 한 것이 교통환경스트레스모델이다. 이처럼 본선을 둘러싸고 있는 자연조건, 지형조건, 시설조건, 타 선박 등의 환경으로 인해 선박조종자가 느끼는 부담의 크기를 정량화 하여 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, ESL치)」와, 타 선박에 기인하는 스트레스의 크기인 「교통환경스트레스치(Ship of ES value, ESS치)」로 구성되며, 두 스트레스치를



〈그림 3〉 ESA 개념도

종합하여 「종합환경스트레스치(Aggregation of ES value, ESA치)」라 한다. 종합환경스트레스의 개념은 〈그림 3〉과 같다.

2. 환경스트레스치와 선박조종자의 허용기준

조선환경스트레스와 교통환경스트레스를 구하는 계산식은 도선사, 선장들을 대상으로 한 설문조사와 선박조종시뮬레이션 실험을 실시하여 조선환경과 교통환경에 대해 느끼는 위험감의 결과를 회귀분석하여 도출한 회귀식이다(Kinzo Inoue, 1998).

1) 조선환경 스트레스치(SJL)의 계산법

조선환경 스트레스치의 계산식은 장애물까지의 여유시간과 선박조종자가 느끼는 위험감의 관계를 정리하여 도출한 회귀식이다.

조선환경 스트레스치를 계산하는 순서는 다음과 같다.

〈표 2〉 환경스트레스치와 선박조종자의 허용기준

조선자 위험감	내용	조선환경 스트레스	판단		설명
0	매우 안전	0~500	안전 (Negligible)	허용 가능	어느 쪽을 향하여도 매우 안전하다고 느끼는 상태에서 안전과 위험의 어느 쪽도 아니라고 느끼는 상태까지의 범위
1	안전				
2	조금 안전	500~750	안전한계 (Marginal)	허용 한계	안전과 위험의 어느 쪽도 아니라고 느끼는 상태에서 조금 위험을 느끼는 상태까지의 범위
3	어느 쪽도 아님				
4	조금 위험	750~900	위험 (Critical)	허용 한계	조금 위험을 느끼는 상태에서 위험을 느끼는 상태까지의 범위
5	위험	900~1000	매우 위험 (Catastrophic)	허용 불가	위험을 느끼는 상태에서 매우 위험을 느끼는 상태까지의 범위
6	매우 위험				

- ① 본선의 침로에 대하여 좌우 $\pm 90^\circ$ 이내의 침로 범위를 탐색한다.
- ② 각 침로별($\Delta\psi$)로 본선과 장애물과의 거리(R), 본선의 속력(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.

〈표 2〉에서 육지에 대한 주관적 위험감 값(SJL)은 선박조종자가 조선환경에 대해 느끼는 위험감의 정도를 의미하는 것으로 조선환경 스트레스치라 하며, 본선의 침로로부터 좌우 $\pm 90^\circ$ 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 가시화 되는 경우이다. 좌우 $\pm 90^\circ$ (180°) 범위 내에서 장애물이 존재하지 않는 경우에는 위험감의 최소값인 0에 180을 곱하면 그 범위에서의 조선환경 스트레스치의 총합은 0이 된다. 또한 좌우 90° (180°) 범위의 어디를 향하더라도 바로 위험이 가시화 되는 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 “허용가

능”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 정량화 하여 환경요소가 조선관란성에 어느 정도 영향을 주는가를 지표로서 표현하였다.

2) 교통환경 스트레스치의 계산법

교통환경 스트레스치를 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 침로 별로 구한 위험 가시화까지의 시간적 여

유에 대하여 선박조종자가 느끼는 위협의 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) 종합환경 스트레스치의 계산법

조선환경과 교통환경을 동시에 평가하는 경우에는 다음과 같다.

- ① 원침로 좌우 ±90°에서 각 침로별로, 본선의 선수를 그 방향으로 향할 때에 잠재하는 장애물에 대한 충돌 위험감과, 그 방향으로 향할 때에 잠재하는 타 선박과의 충돌 위험감을 비교한다.
- ② 각 침로에 대하여 위험이 가시화되는 경우, 시간적 여유를 기초로 위험감 값 중에서 큰 값을 선택한다.
- ③ 원침로 좌우 ±90°의 침로 범위에서 선택된 위험감의 값을 합계한다.

이 결과를 그 순간에 통합한 것이 종합환경 스트레스치이다.

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

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

$$ES_A = \sum_{\psi} \max \{ S/JL, SJS \}$$

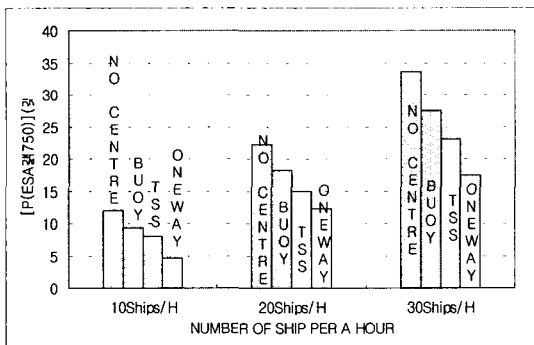
IV. 중앙부표와 통항분리대의 설치 효과

1. 중앙부표와 통항분리대의 유무에 의한 조선 곤란성

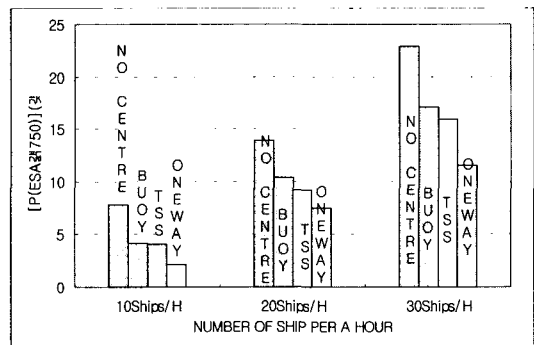
중앙선 표시가 없는 왕복수로, 중앙선을 부표로 표시한 왕복수로, 통항분리대가 있는 왕복수로 및 완전한 일방통항수로를 대상으로 교통량이 동일한 조건에서 선박조종자의 부하 변화를 분석하였다. 각 수로를 통항하는 모든 선박을 대상으로 환경스트레스치의 시계열 데이터를 수집한 후, 그 통항로 상의 종합환경 스트레스치가 750 이상인 비율[P(ESA≥750)]을 산출하였다.

<그림 4>는 횡축에 시간당 발생척수, 종축에 선박조종자의 종합환경 스트레스치가 750이상인 비율 [P(ESA≥750)]을 산출하여 통항분리방식의 변화와 선박조종자의 조선곤란성의 관계를 나타내었다.

그림에서 볼 수 있는 것처럼 교통량이 동일한 조건에서 선박조종자에게 가해지는 조선곤란성은 "일방통항수로"에서 가장 작고, "중앙선 표시가 없는 왕복수로"에서 가장 크게 나타나고 있음을 알 수 있다. 이것은 부표 설치와 통항분리대 설치 또는 일방통항 도입에 의해 교통류가 분리되어 선박조종자에게 가해지는 부하가 감소되는 것을 의미한다. 이러한 경향은 수로폭이 400m인 경우 (<그림 4(a)>)뿐만 아니라 수로폭이 1000m인 경우(<그림 4(b)>)에도 동일하게 나타나고 있다. 이상의 결과를 요약하면 다음과 같이 정리할 수 있다.



(a) 수로폭 400m



(b) 수로폭 1,000m

<그림 4> 통항 방식의 변화에 의한 조선 곤란도

- (1) 교통량이 동일한 조건에서 중앙선이 없는 왕복수로에 부표를 부설하면 $P(ESA \geq 750)$ 값이 약 23%, 통항분리대를 설치하면 $P(ESA \geq 750)$ 값이 약 32%, 일방통항수로로 변경하면 $P(ESA \geq 750)$ 값이 약 50% 감소된다.
- (2) 교통량이 동일할 조건에서는 모든 통항분리 방식에서 수로 폭이 좁은 경우가 수로 폭이 넓은 경우보다 선박조종자에 가해지는 조선 곤란성이 높다.
- (3) 수로 폭이 동일할 조건에서는 교통량이 적은 경우보다 교통량이 많은 경우가 부표와 통항 분리대 설치에 따른 조선곤란성이 크게 감소한다.
- (4) 통항분리방식이 동일할 조건에서는 수로 폭이 좁은 경우가 수로 폭이 넓은 경우보다 조선곤란성이 크게 감소한다.

따라서 부표 및 통항분리대의 설치 효과는 수로 폭이 좁고 교통량이 많은 수로에서 보다 효과적이라는 것을 알 수 있다.

2. 선박크기에 따른 효과

동일한 항행 환경에서도 조선곤란성은 선박의 크기에 따라 상이할 것으로 예상된다. 이 절에서는 통항분리방식의 변화와 선박의 크기에 따른 조선곤란성에 대하여 분석하였다.

〈그림 5〉는 수로 폭이 동일한 조건에서 통항방식의 변화와 선박 크기에 따른 조선곤란성의 관계를 소형선(20~1,000총톤), 중형선(1,000~10,000총톤), 대형선(1,0000총톤 이상)으로 구분하여 종합환경 스트레스치가 750이상인 비율($P(ESA \geq 750)$)을 나타내고 있다.

〈그림 5〉의 결과로부터 다음을 알 수 있다.

- (1) 수로 폭이 동일한 조건에서는 모든 경우에 대형선이 소형선보다 조선곤란성의 감소효과가 크게 나타난다.
- (2) 교통량이 동일한 조건에서는 수로 폭이 좁은 경우가 수로 폭이 넓은 경우보다, 대형선이 소형선보다 조선곤란성의 감소효과가 크게 나타난다.
- (3) 대형선의 경우 수로 폭이 좁고 교통량이 많은 해역에서 조선곤란성의 감소 효과가 가장 크게 나타난다.

3. 환경스트레스치와 해양사고와의 관계

환경스트레스치는 주위 환경이 선박조종자에 가하는 조선곤란성을 표시하는 것으로, 이 절에서는 환경스트레스치 750 이상의 출현비율($P(ESA \geq 750)$)과 해양사고의 관계를 조사하였다. 그러나 선행 연구 결과와 비교하기 위하여 통항분리대 설치와 충돌사고 감소만을 조사 대상으로 하였다.

실제 해역에서 통항분리대 설치에 의한 충돌사고 감소에 대한 외국의 연구 결과를 보면, Johnson(1978)은 15년간 영국 도버해협에서의 충돌사고를 조사한 결과 통항분리대 설치로 인하여 사고가 23% 감소한 것으로 보고하였다. 그리고 Fujii(1981)와 Kuroda(1990)는 일본 동경만의 해양사고를 조사하였는데, 통항분리대 설치 이후 충돌사고가 18% 감소하였다고 발표하였다. 또한 통항분리대 설치에 의한 효과 추정 연구인 Kemp 등의 COST301(1986)에서는 약 31%, 미국연안경비대(1973)의 연구에서는 약 24%의 충돌사고가 감소하였다고 기술하고 있다.

〈표 3〉은 통항분리대 설치에 따른 충돌사고 감소에 대한 선행 연구 결과와 이 연구의 환경스트레스치($P(ESA \geq 750)$)를 지표로 한 조선곤란성 감소를 정리한 것이다. 통항분리대 설치에 의한 조선곤란성의 감소와 선행연구의 충돌사고 감소는 거의 유사한 값을 나타내고 있음을 알 수 있다.

V. 결론

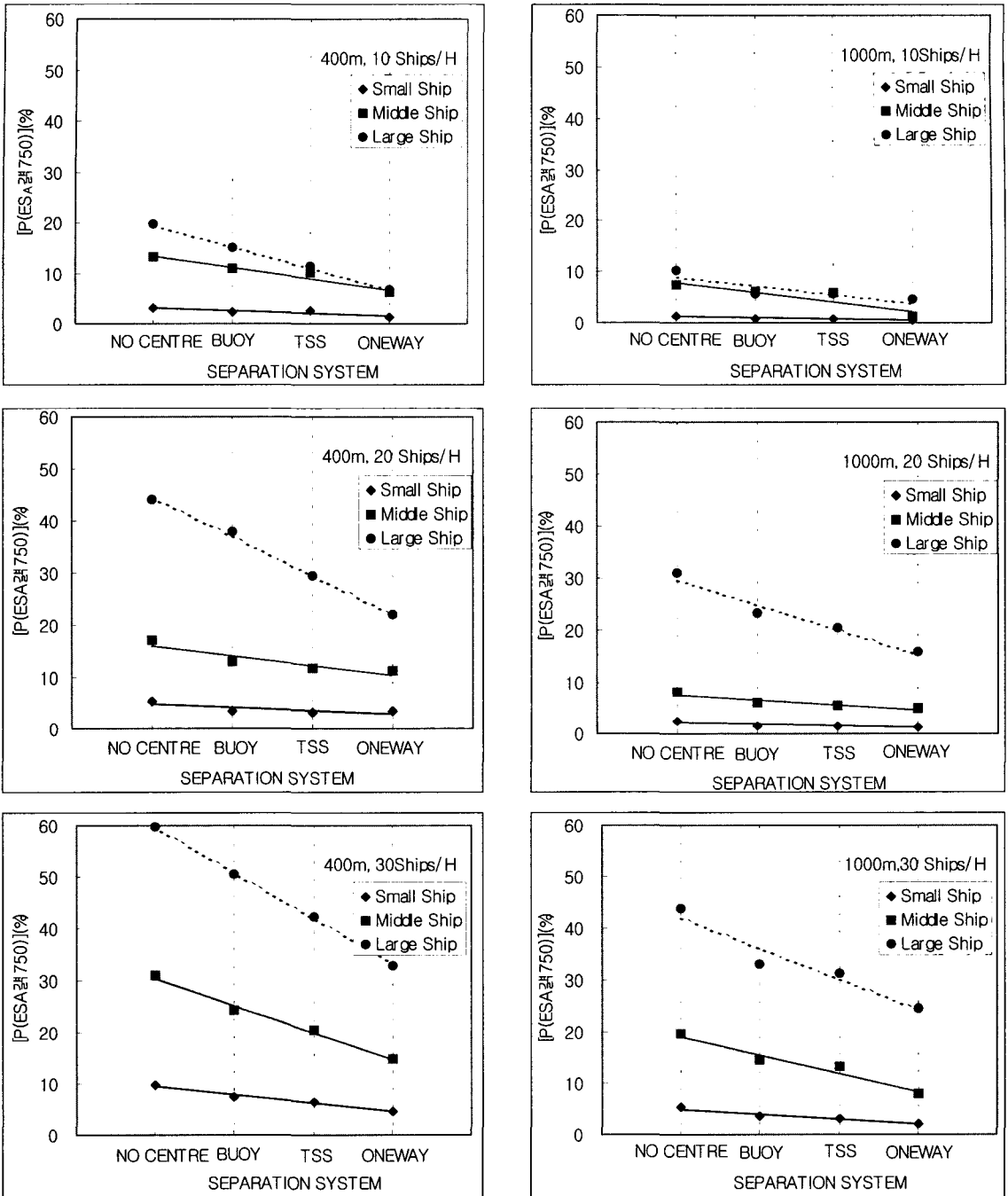
이 연구에서는 중앙선 표시가 없는 왕복수로를 대상으로 하여, 중앙부표 설치, 통항분리대 설치, 일방통항수로로 변경할 경우에 대한 선박조종자의 조선곤란성 감소를 평가하였다.

이 연구의 주요한 결과는 다음과 같다.

첫째, 교통량이 동일한 조건에서 중앙부표를 설치하면 $P(ESA \geq 750)$ 값이 약 23%, 통항 분리대를 설치하면 약 32%, 일방통항수로로 변경하면 약 50% 감소한다.

둘째, 수로 폭이 동일한 조건에서는 교통량이 적은 경우보다 교통량이 많은 경우가 중앙부표 설치와 통항분리대 설치에 따른 통항분리 효과가 크게 나타난다.

셋째, 통항분리방식이 동일한 조건에서는 수로 폭이 넓은 경우보다 수로 폭이 좁은 경우에 조선곤란성이



〈그림 5〉 통항분리방식 및 선박 크기별 조선곤란성

큰 폭으로 감소한다.

넷째, 수로 폭이 동일한 조건에서는 대형선일수록 각 통항분리방식의 실시에 의한 조선곤란성이 크게 감소한다. 또한 교통량이 동일한 조건에서는 수로 폭이 넓은 경우보다 수로 폭이 좁은 경우에서 대형선의

조선곤란성이 크게 감소한다.

다섯째, 통항분리방식은 수로 폭이 좁고 교통량이 많은 해역에서 효과가 가장 크다.

이 연구에서는 교통관리방안을 도입할 경우, 수로를 항행하는 선박조종자에게 부가되는 조선곤란성을

〈표 3〉 환경스트레스치와 해양사고와의 관계

조사 대상	통항분리대 설치에 의한 충돌사고 감소(%)
일본 동경만	18%
영국 도버해협	23%
미국연안경비대	24%
COST 301	31%
본 연구 [P(ESA≥750)]	32%

환경스트레스치라는 지표를 사용하여 그 효과를 정량적으로 평가하였다. 이 결과는 우리나라 연안을 항행하는 선박들이 이용하고 있는 항로에 항로지정방식을 도입할 경우에 그 효과를 평가할 수 있는 지침이 될 수 있을 것으로 생각된다.

그러나 이 연구에서는 해상교통실태조사 결과를 이용하여 해역조건과 해상교통류 조건을 설정하였지만, 향후에는 실제 항만 조건 또는 개발 예정인 신항만의 조건을 설정함으로써 좀 더 현실적인 대안을 제시할 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Fujii Y., Kaku S.F(1981), "Time Trend of Traffic Accidents in Japan", Proceedings of Fourth International Symposium on VTS, Bremen.
2. Johnson D. R.(1978), "Recent Trends in Navigation Safety in the Dover Strait", Proceedings of Third International Symposium on Marine Traffic Service, Liverpool Polytechnic Press.

3. Kinzo Inoue(1977), "On the Separation of Traffic at Straight Waterway by Distribution Model of Ship's Paths", The Journal of Navigation, The Japan Institute of Navigation, Number 56, pp.103~115.
4. Kinzo Inoue(2000), "Evaluation Method of Ship handling Difficulty for Navigation in Restricted and Congested Waterways", The Journal of Navigation, The Royal Institute of Navigation, Vol.53, No.1, pp.167~180.
5. Kinzo Inoue and et al.(1998), "Modeling of Mariners Perception of Safety", The Journal of Navigation, The Japan Institute of Navigation, No.98, pp.235~245.
6. Kuroda K., EKITA H.(1990), "Safety Assessment of Waterway Network in Bay Area", Proceedings of the 27th International Navigation Congress, Osaka.
7. Kemp J.F., Goodwin E.M., Pick K.(1986), "Risk Assessment Problem Area Identifier", COST301 Final Report on Task 2.46., Commission of European Communities.
8. U.S. Coast Guard(1973), "Vessel Traffic Systems-Analysis of Port Needs", Final Report, Washington DC.
9. Young-Soo Park, Kinzo Inoue(2001), "A Study on Basic Analysis for Marine Traffic Management-II.-Relationship between Ship Handling Difficulty and the Shape of Waterway-", The Japan Institute of Navigation, The Journal of Navigation, No.105, pp.135~142.

✉ 주 작 성 자 : 박영수
 ✉ 논문투고일 : 2002. 10. 25
 논문심사일 : 2002. 12. 16 (1차)
 2003. 1. 23 (2차)
 2003. 2. 5 (3차)
 2003. 2. 11 (4차)
 심사판정일 : 2003. 2. 11
 ✉ 반론접수기한 : 2003. 6. 30

A Study on the Applications of Airspace Design Criteria Affecting on the Flight Safety

YANG, Han Mo · YOO, Kwang Eui

The airspace has to be designed considering the flight safety and economic efficiency of aircraft operators. The International Civil Aviation Organization(ICA0) published standards and recommended practices for safe design of the airspace. Each contracting country must follow the ICAO standards in designing the airspace for the utilization of civil aviation. Normally, each member establishes its own standards and national aviation law for the safe and efficient design of the airspace, regarding the ICAO standards. However, our government has not developed yet clear and detailed standards and regulation system for airspace design. This might lead to aviation accidents and disputes between operators of aviation system This study is to review the characteristics of ICAO standards and a legal problem related to application of international standards for airspace design. Specifically this research analyzed the case of airspace design and operation of a domestic airport. The results of analysis are as follow: (1) For the safety of civil aviation, it is very required to establish national regulation system to follow ICAO standards in designing airspace, (2) It is also necessary to establish separate procedure for civil aircraft in military air base, when the aerodrome is co-used by military and civil aircraft. If the same procedure for military aircraft is applied to civil aircraft, it is necessary to make clear what the design concept is, (3) and the differences from ICAO standards have to be publicly known.

A GIS-based Traffic Accident Analysis on Highways using Alignment Related Risk Indices

KANG, Seung Lim · PARK, Chang Ho

A traffic accident analysis method was developed

and tested based on the highway alignment risk indices using geographic information systems(GIS). Impacts of the highway alignment on traffic accidents have been identified by examining accidents occurred on different alignment conditions and by investigating traffic accident risk indices(TARI). Evaluative criteria are suggested using geometric design elements as an independent variable. Traffic accident rates were forecasted more realistically and objectively by considering the interaction between highway alignment factors and the design consistency. And traffic accident risk indices and risk ratings were suggested based on model estimation results and accident data. Finally, forecasting traffic accident rates, evaluating the level of risk and then visualizing information graphically were combined into one system called risk assessment system by means of GIS. This risk assessment system is expected to play a major role in designing four-lane highways and developing remedies for highway sections susceptible to traffic accidents.

An Assessment of the Quantitative Effect of TSS by Vessel Traffic Flow Simulation

PARK, Young-Soo · JONG, Jae-Yong ·

PARK, Jin-Soo · INOUE, Kinzo

Marine traffic management could be defined as the implementation of managerial technical measures to improve vessel traffic safety. The managerial elements of vessel traffic management for ports and harbours or narrow channels include the total amount of traffic control, the vessel traffic separation scheme, speed restriction, traffic control by signals, the navigation information service and so forth.

This research aims to quantify how much the traffic separation schemes(TSS) contribute to the alleviation effect of ship handling difficulty and to propose a design standard when the individual management measure is applied in an actual waterway.

Traffic separation schemes have now been established in most of the major routes and congested waters of the world, and the number of collisions and groundings have often been dramatically reduced. In this part, the relationship between the alleviation of ship handling difficulty and the reduction of encounter figures among ships is quantitatively clarified by applying the ES model.

As results of simulation analysis, it is recognized that a traffic separation system is most effective in the case of narrow width and heavy traffic volume. The centre buoy installation reduces about 1/4 of the alleviation of ship handling difficulty, TSS establishment 1/3, and design change to one-way traffic from two-way traffic reduces 1/2.

Selection of the Optimal Location of Traffic Counting Points for the OD Travel Demand Estimation

LEE, Seungjae · LEE, Heonju

The Origin-Destination(OD) matrix is very important in describing transport movements in a region. The OD matrix can be estimated using traffic counts on links in the transport network and other available information. This information on the travel is often contained in a target OD matrix and traffic counts in links. To estimate an OD matrix from traffic counts, they are the major input data which obviously affects the accuracy of the OD matrix estimated. Generally, the quality of an estimated OD matrix depends much on the reliability of the input data, and the number and locations of traffic counting points in the network. Any process regarding the traffic counts such as the amount and their location has to be carefully studied.

The objective of this study is to select of the optimal location of traffic counting points for the OD matrix estimation. The model was tested in nationwide network. The network consists of 224 zones, 3,125 nodes and 6,725 links except to inner city road links. The OD matrix applied for selection

of traffic counting points was estimated to 3-constrained entropy maximizing model.

The results of this study follow that : the selected alternative to the best optimal counting points of six alternatives is the alternative using common links of OD matrix and vehicle-km and traffic density(13.0% of 6,725 links), however the worst alternative is alternative of all available traffic counting points(44.9% of 6,725 links) in the network. Finally, it should be concluded that the accuracy of reproduced OD matrix using traffic counts related much to the number of traffic counting points and locations.

A Transit Assignment Model using Genetic Algorithm

LEE, Shinhae · CHOI, Injun ·
LEE, Seungjae · LIM, Kang-Won

In these days, public transportation has become important because of serious traffic congestion. But, there are few researches in public transportation compared with researches in auto. Accordingly, the purpose of paper is development of transit assignment model, which considers features of public transportation, time table, transfer, capacity of vehicle, common line, etc.

The transit assignment model developed in this paper is composed of two parts. One part is search for optimum path, the other part is network loading. A Genetic algorithm has been developed in order to search for alternative shortest path set. After the shortest paths have been obtained in the genetic algorithm, Logit-base stochastic loading model has been used to obtain the assigned volumes.

Effect of uncertain information on drivers' decision making(Application of Prospect Theory)

CHO, Hye-Jin · KIM, Kang-Soo

This paper explores the way and the extent to