

# 해상교통혼잡도 평가의 현황과 기술 기준 개선을 위한 연구

## A Status of the Marine Traffic Congestion Assessment and Research for Improving a Technical Standards

엄한찬\*, 장운재\*, 조익순\*

Han-Chan Um<sup>†</sup>\*, Woon-Jae Jang\*, Ik-Soon Cho\*

### 요 약 문

중대한 해양사고를 예방하고 잠재적인 해양사고의 원인을 제거하기 위하여 해상교통안전진단 제도가 「해상교통안전법」 개정('09. 5. 27)을 통해 정식 제도화되었다. 법 시행 이후 수행된 연구 중 하나인 '해상안전진단제도의 기술기준 및 고도화 연구'에서는 관련 평가 중 하나인 해상교통혼잡도 평가에 사용되는 환산교통량 및 표준선이 현재 선박의 대형화 및 고속화 추세를 반영하고 있지 못함을 제시, 개선의 필요성을 말하였다.

이에 먼저 관련한 일본의 이론과 국내 진단대행업자의 평가 이론 현황을 파악 분석한 바, 이론 및 진단대행업자 별로 분석요소들을 다르게 사용하고 있어 표준화의 필요성을 발견하였고 또한 2010년 선박 입출항 통계를 이용한 선박현황을 분석한바 이론에서 사용하는 표준선과는 상당히 차이가 있음이 나타났다.

이후 관련 개선을 위한 기술기준(안)을 제안하여 전문가들의 의견 수렴과 이를 분석한 결과, 비록 소수의 상반된 의견이 있었지만, 표준선 변경에 따른 환산교통량 변화가 해상교통혼잡도에 미치는 영향은 그리 크지 않음을 알 수 있었다.

마지막으로 평가관련 개선을 위한 최종 기술기준(안) 및 앞으로 발전방향을 제시하여 해상교통혼잡도 평가 발전을 위한 연구기반을 마련하고자 하였다.

※ **Keywords** : 해상교통안전진단(Maritime Safety Audit), 해상교통혼잡도 평가(Marine Traffic Congestion Assessment), 해상교통공학(Marine Traffic Engineering), 환산교통량(Conversion Traffic volume), 표준선(Standard Vessel), 기술기준(Technical Standards)

\* 선박안전기술공단 해사안전연구센터

† 논문주저자

## 1. 서 론

한정된 국내 영토를 넘어서 섬 및 도서지역 등의 해상지역과 연계된 도로, 항만, 해상교통횡단 교량 등의 개발이 가속화되고 있는 시점에서, ‘허베이 스피리트호 유류오염사고’ 같은 중대 해양사고가 국가 및 지역사회에 미치는 영향을 깨달은 정부는 이러한 대형해양사고를 예방하고 잠재적인 해양사고의 원인을 제거할 수 있는 해상교통안전진단 제도를 「해상교통안전법」 개정(2009. 5. 27)을 통해 도입하여 시행(2009. 11. 28)하고 있다.

이렇게 도입된 해상교통안전진단제도는 법제화 되어 시행되고 있는 국가가 없는 만큼 제도 시행 이후 진단사업 대상의 판단 여부, 세부평가 진단기술 등과 같이 보완되어야 할 사항들이 여러 방면에서 발견 되었다. 이를 개선하기 위하여 선박안전기술공단은 안전진단 기술기준 연구, 진단제도 운영 및 평가체계 고도화 연구와 같은 심층적인 연구를 수행하였다.

Table 1 해상안전진단제도 관련 KST 연구 현황

연구명	연구기간
해상교통안전진단 기술기준 연구	2009. 3. 31 ~ 2009. 9. 28
해상교통안전진단제도 운영 및 평가체계 고도화 연구	2010. 2. 1 ~ 2010. 12. 31
해상교통안전진단정보관리 시스템 구축 정보화 전략계획 수립(ISP) 수립	2011. 3. 15 ~ 2011. 6. 12
해상교통안전진단제도의 효율적인 운영을 위한 교육훈련 커리큘럼 및 교재개발	2011. 2. 1 ~ 2011. 12. 31

상기 연구들에 의하여 해상안전진단을 위한 지침 및 진단기술기준이 제정되고 기술기준을 표준화 함에 따라 해상안전진단제도는 한층 더 개선되었다.

그러나 이 연구들을 통하여 여러 가지 추가적인 연구가 필요한 사항들도 밝혀졌는데, 그 중 하나가 안전진단항목별 기술기준 중 교통혼잡도 평가에 사용되는 환산교통량에 대한 검토 필요성이었다. 해상교통혼잡도 평가를 위해 선행되는 교통용량 분석 및 환산교통량 산정을 위해서는 환산계수 및 폐색 영역 등의 계수들을 사용하게 된다. 그런데 이러한 계수들은 현재 선박의 고속화 및 대형화 추세를 반영하지 못한 30~40년 전 일본의 조사 자료를 바탕으로 하고 있기 때문에 이에 대한 연구가 필요하다는 것이 선행된 연구의 내용이다.

## 2. 국내외 혼잡도 평가이론 분석조사

### 2.1 해상교통혼잡도의 개요

해상 교통 혼잡도 평가는 개발 또는 재개발 수역 및 항만 등에 대한 해상교통조사를 수행한 후, 조사자료를 바탕으로 다양한 지표들을 이용하여 앞으로의 5년 및 10년 후의 해상교통량을 추정한다. 이를 토대로 당해 항로 및 항구의 교통용량을 분석하고 환산교통량을 산정하여 이를 비교, 최종 해상교통 혼잡도를 평가하게 된다.

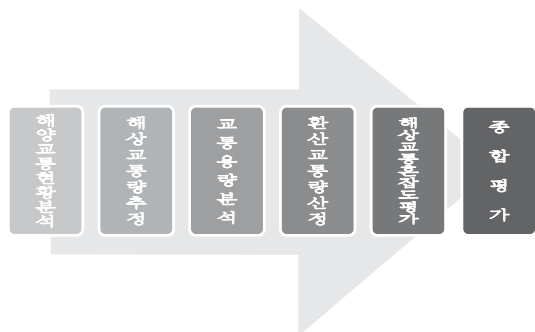


Fig. 1 해상 교통 혼잡도 평가 절차

## 2.2 해상교통혼잡도 관련 규정

해상교통혼잡도는 진단항목 중 해상교통현황 측정 항목에 포함되어 수행하여야 하는데, 이와 관련한 항목기준 및 작성기준 규정은 「해상교통안전법」 시행규칙 제2조의 5 및 관련[별표 1의 3] 해서 정하고 있으며, 관련한 세부 평가 기술기준은 시행지침 제11조 제1항 및 [별표 3]에 따라 설정하고 있다.

## 2.3 국외(일본) 혼잡도 평가 이론 분석

해상교통혼잡도 이론은 일본의 해상교통공학관련 연구로부터 파생되었는데 이는 최초 1960년대에 시작하여 최근까지 이어지고 있다. 관련 연구를 집대성한 도서로는 Fujii Yahei, Tsutomu Makishima, Kiyoshi Hara가 공저한 해상교통공학이 있다.

해상교통공학에서는 해상교통용량을 산정하기 위해 다음의 식을 제안하였고 이는 해상교통혼잡도 평가에서 기본교통용량을 산정하는데 이용되고 있다. 기본교통용량이란 통상의 항해조건에서 거의 같은 크기의 선박이 거의 같은 정도의 속력으로 일정 폭의 직선 모양의 수로를 한 방향으로 단위 시간에 통과할 수 있는 최대 척수를 말한다.

$$Q = P_{MAX} \times W \times V$$

Q = 기본교통량(척/시), P<sub>MAX</sub> = 최대밀도

W : 항로 폭(Km), V : 선속(Km/h)

다만, 위의 수식에서 P<sub>MAX</sub>는 선속(V)의 함수로 선속이 평균항해속력과 가까워지면 폐색영역

크기의 변화가 작아져 P<sub>max</sub> = 1/(L \* S)로 폐색 영역의 크기 r과 s로 맞춰져 다음 식으로 변경될 수 있다.

$$Q = 1/(L \times S) \times W \times V$$

L : 폐색영역의 장직경, S : 폐색영역의 단직경

폐색 영역이란 본선을 조종하는 항해사가 타 선박이나 장애물의 진입을 허용하지 않으려고 노력하는 본선 주위의 일정한 영역을 말한다. 1960년대 후반 일본의 관측결과를 평균하여 해상교통공학에서는 넓은 수역은 장직경 8L, 단직경 3.2L로 보았으며, 좁은 수역은 장직경 6L, 단직경 1.6L을 이용하였다. 넓은 수역이란 충분히 넓은 수역이 갖추어져 있어 최대속력(10~16kts)으로 자유롭게 항해할 수 있고 수로에 장애물(섬, 천수 등)이 없는 경우를 말하며, 좁은 수역이란 상황에 따라 선박이 감속(6~8kts)하여 진행하여야 하고 마주치는 상황, 추월 및 횡단하는 선박이 없는 좁은 수로나 항 내를 말한다. 일본통계자료를 바탕으로 L(길이)의 표준선박은 선박길이 70M의 1,000톤급 선박으로 하였다.

위의 수식 및 여러 분석요소를 종합적으로 요약한다면, 해상교통용량은 항로폭(W)과 선속에 의한 거리(Km/h)를 곱한 면적에 넓은 수역이면 하나의 표준선 폐색영역인 8L × 3.2L의 공간이 얼마나 들어갈 수 있는지를 판단하는 것이면 좁은 수역 역시 산정면적에 표준선 폐색영역인 6L × 1.6L의 공간에 몇 척이 수용되는지의 값을 구하는 것이다. 여기에 기상상태의 출현빈도 및 선박 항행의 자유성 등의 영향을 정하여 실제 가능한 교통량을 정하는데, 이를 실용교통용량이라 부르고 있다.

## 2.4 국내 대항업자 평가이론 분석

### 1) 진단대항업자등록 및 진단수행 현황

현재 진단대항업자로는 목포해양대학교, 한국해양대학교, 한국해양연구원과 한국해양수산연수원 4개 기관이 등록되어 있으며, 진단수행실적은 다음의 Table 2와 같다. (2011. 8월 말 기준)

Table 2 진단대항업자 진단수행현황표

진단대항업자	정식진단	자체진단
목포해양대학교	18(8)	15
한국해양연구원	6(1)	2
한국해양대학교	5(1)	1
한국해양수산연수원	2(2)	
총 계	31	18

※ ( ) : 진단 수행중인 과업

### 2) 국내 진단대항업자 평가방법 분석

수행된 정식진단 중 해상교통혼잡도 평가가 시행된 진단사업의 해상교통혼잡도 분석요소인 점용영역, 선박의 속력, 실용교통용량 및 표준선을 기준으로 대항업자별 평가방법을 Case By Case로 분석하면 다음의 Table 3과 같다.

Table 3 진단대항업자 혼잡도 평가 방법 분석

분석 요소	이론값 (해상교통공학)	MMU (9건)	KORDI (5건)	KMU (3건)
폐색 영역	충분한 수역 (8L, 3.2L)	2건	-	-
	좁은 수로 및 항내 (6L, 1.6L)	7건	5건	3건
선박의 속력	충분한수역	12kts	-	-
	좁은 수로 및 항내	6,8,10, 12kts	4,5,6, 8kts	3,4,5, 6,8kts
실용 교통용량	기본교통용량	1/4	1/5	1/4
표준선 길이	길이70M 1,000톤급	70M 1,000톤	82M 5,300톤	70M 1,000톤

※ MMU : 목포해양대학교, KORDI : 한국해양연구원, KMU : 한국해양대학교

대항업자들의 평가방법을 비교한 바 특이 사항이 발견되었는데 그 첫 번째는 일부 진단용역의 해상교통혼잡도 분석에서 관련 이론과는 다소 다른 점용 영역 및 선박의 속력을 적용하여 분석을 수행하였다는 점이다. 속력을 관련 이론보다 높게 측정하는 경우, 해상교통혼잡도는 실제보다 낮게 평가될 수 있으며 속력 1kts에 대한 혼잡도의 변화는 약 10%의 변화를 보이는 것으로 밝혀졌다.

두 번째는 한국해양연구원이 해상교통혼잡도 평가에서 실용교통용량 및 표준선을 각각 기본교통용량의 1/5와 전장 82M의 5,300톤급의 분석요소를 사용한다는 점이었다. 이는 해상교통공학이론 및 타 진단대항기관이 사용하는 1/4 및 전장 70M의 1,000톤급 선박을 사용하는 것과는 크게 달랐다.

이는 한국해양연구원이 수행한 기본연구사업인 “해양위해도 통합관리 시스템 기반 기술개발(Ⅲ)” 과제 일부로서 수행된 ‘항로 가동물의 개념 및 그 이용에 대한 고찰’ 연구를 기반으로 하고 있다.

## 3. 해상교통혼잡도 관련 현황 분석

### 3.1 표준선 선정을 위한 통계자료 조사분석

표준선이란 해상교통혼잡도의 평가를 위해 다양한 선종 및 크기로 구성된 현재의 교통량을 하나의 값으로 통일하기 위해 사용되는 계수로 현재 진단대항업자들은 전장 70M의 1,000톤급 선박 및 전장 83M의 5,300톤급 선박을 기준으로 하여 사용하고 있다.

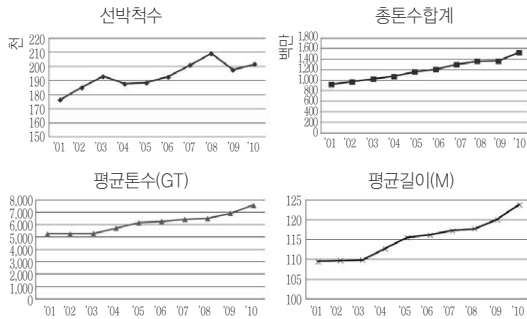


Fig. 2 '01-'10 입출항선박 현황

위의 그림은 2001년부터 2010년까지의 선박 입출항 현황을 그래프로 변화한 것으로 선박 척수는 2001년 176,195척에서 2010년 201,467척으로 증가, 감소추세를 반복하여 꾸준히 증가하였으며 총톤수 합계, 평균톤수 및 평균길이 역시 선박 대형화에 따라 계속증가하는 추세를 보이고 있다. 아래의 계산식으로 계산된 2010년 평균톤수 7,700톤급 선박의 길이는 약 125M로 해상교통공학 및 진단대행기관에서 평가에 사용하고 있는 표준선(70M, 1,000톤급 및 82M, 5,300톤급)과는 크게 차이가 나는 것을 확인할 수 있다.

$$GT = L(\text{선박길이})^3 / 250$$

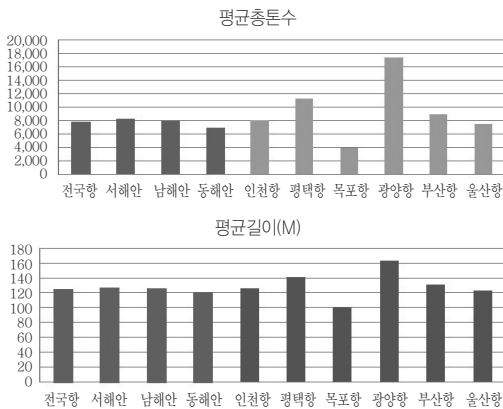


Fig. 3 '10년 해역 및 주요 항만별 평균 총톤수 및 길이 현황

위의 그림은 2010년 입출항선박 통계를 Fig.3과 같은 방법으로 전국항만, 해역별(서해, 남해, 동해), 주요 6대 항만(평택, 목포, 광양, 부산, 울산)을 기준으로 평균길이와 톤수를 나타낸 것으로 서해안이 길이 127.32M, 톤수 8,255톤으로 동해안 119.75M, 6,869톤과는 7.57M, 1,386톤 차이를 보였으며, 주요항만은 목포항이 99.52M, 3,943톤으로 광양항 163.06M, 17,343톤과는 무려 63.54M, 13,400톤의 차이가 나타나 항만 및 해역별 표준선의 평균길이와 톤수 역시 많은 차이가 나타남을 확인할 수 있었다.

### 3.2 점용영역 개선을 위한 조석자료 등 조사분석

#### 1) 조사분석 배경

일본 해상교통공학에서는 점용영역에 영향을 줄 수 있는 요인으로 선박의 혼재, 시정, 조류, 가항 폭의 변화를 언급하였다. 이중 조류의 영향 관련하여 다나카 교수는 간몽해협 대상으로 조류의 속도(순조는 +, 역조는 -)와 후방 점용영역의 크기와의 관계를 구하였다. 그 결과 그 폭은 거의 바뀌지 않았으나, 길이는 순조일 때 길어지고 역조일 때는 작아지는 것으로 조사되었으며 이런 경향은 소형선일수록 더욱 두드러진다고 보았다. 이 결과를 정리하면 다음의 수식으로 나타난다.

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

r : 후방폐쇄영역의 장 직경(km)

L : 표준선의 길이(km)

U : 조류 유속(Km/h)

V : 선속(Km/h)

2) 관련 국내연구 현황

위의 일본해상 교통공학연구를 토대로 일부 해상 교통안전진단용역\*에서도 점용영역을 변경하여 혼잡도를 수행한 사례가 발견되었다. 또한, 점용 영역 관련하여 아래의 표와 같은 연구를 수행하였으나 그 결과가 연구방법에 따라 차이를 보였다.

Table 4 점용영역 관련 국내 연구 결과

연구명	연구자	점용영역	연구 방법 등
제한 수역에서의 항행선박 항과 거리에 관한 연구	정재용 박영수 박진수	6.9L×2.2L	- 중국 상해항 - 레이더 실측
선박운항자 안전 의식에 기초한 선박통항 최소 이격거리에 관한 연구	박영수 정재용 김종성	8.5L×5.2L	- 선박 운항자 설문 - 조류 등 환경에 따라 계속 변화

3.3 비교 및 종합 분석에 의한 문제점 도출

1) 실용교통용량

실용교통용량이란 전술한 바와 같이 기상상태의 출현빈도, 선박항행의 자유성, 교통사고의 예상 발생 수, 적용되는 교통관리의 방식 등으로부터 정해지는 서비스 수준과 가능교통량으로부터 정한 교통용량으로 해상교통혼잡도 분석에서 분모 값의 역할을 하고 있다. 그러나 그 값이 진단 대행업자별로 다른 값을 쓰고 있을 뿐만 아니라 1/4 및 1/5이란 값이 어디서부터 유래되었으며 관련 값을 적용하는 것이 맞는지에 대한 검증조차

할 수 없는 문제점이 발견되었다.

2) 표준선 관련

표준선의 경우, 현재 일본 해상교통공학 이론에서는 선박길이 70M의 총톤수 1,000급 선박을 기준으로 하고 있다. 우리나라 진단대행업자의 경우, 한국해양대와 목포해양대는 일본의 기준을 적용하여 평가를 수행하고 있으며, 해양연구원은 자체연구를 바탕으로 선박길이 82M의 총톤수 5,300톤급 선박을 사용하고 있다.

그러나 2010년 선박 입출항 통계자료를 이용하여 분석한 결과 현재의 표준선은 선박길이 약 125M의 총톤수 7,700톤급 선박으로 이론들과는 상당한 차이를 보이고 있음이 발견되었다.

이에 따라 진단대행업자 별로 해상교통혼잡도 평가 결과가 다르게 나타날 수 있고 현재 선박 상황에 맞지 않는 평가가 될 수 있는 문제점이 발견되었다.

3) 점용영역 및 선박속력 관련

점용영역의 경우, 현재 충분한 수역(10~14kts)은 장 직경 - 8L, 단 직경 3.2L을, 좁은 수로 및 항내 (6~8kts)는 장 직경 - 6L, 단 직경 - 1.6L로 결정하여 관련 평가를 수행하고 있다.

그러나 선박의 고속화 영향에 따라 관련이론을 적용하면 모순이 발생하는 경우가 있는데, 그 한 예로 여수항의 경우 항내 제한 속력이 12kt로 선박 속력 상으로는 충분한 수역으로 분류되나 항 내이므로 점용영역은 6L과 1.6L로 결정하여 혼잡도 평가를 수행하는 경우 속력이 높아짐에 따라 분모는

\* 구자운 교수, 인천 제3 연륙교 건설 전후 및 항로 수심 여건에 따른 해상교통검토용역, 2006

커지고 분자인 점용영역은 8L, 3.2L보다 더 작아 지게 되므로 해상교통혼잡도가 관련이론 값을 정확히 사용했을 때보다 기본교통용량이 더 커져 해상교통혼잡도 역시 상대적으로 더 적게 나오게 되는 문제점이 발견되었다.

4) 안전진단대상사업별 진단항목

현재 해상교통혼잡도 평가는 시행지침 [별표 1의 3]에서 해상교통현황측정에 포함되어 모든 진단 평가에서 수행하도록 규정되어 있다

그러나 현재까지 수행된 진단보고서를 분석한 결과, 수역 내 시설물 건설 사업 중 연도교 건설 사업은 교량을 통과하는 해상교통량의 추정이 어려워 단순 현행교통량만을 기반으로 해상교통혼잡도를 평가한 사례들이 발견되었다. 또한, 현행 교통량을 기반으로 한 해상교통혼잡도 평가 역시 그 값이 대부분 30% 미만으로 관련평가 수행으로

안전과 관련하여 얻을 수 있는 것이 무엇인가라는 의문을 가지게 하였다.

4. 해상교통혼잡도 평가관련 개선 기술기준 및 기술기준(안) 제안

위에 제시한 문제점들을 개선하기 위한 기술기준 및 기술기준(안)을 다음과 같이 제안해 보았다.

1) 실용교통용량

- 실용교통용량 관련 개선(안)
  - 해상교통관제(VTS) 등 교통관리가 있는 경우 : 기본교통용량의 1/5(20%)
  - 교통관리가 없는 경우 : 기본교통용량의 1/4(25%)

2) 표준선관련

〈해상교통안전법 시행지침 [별표 3] 안전진단항목별 기술기준 다. 교통혼잡도 평가〉

○ 표준선 관련 개선(안)	
- 일정 기간마다 진단관리기관에서 제시한 값을 따르도록 제안	
• 진단대행업자는 항만, 해역별 특성에 맞게 표준선을 선택하여 환산교통량을 계산, 평가이용	
현 행	3. 해상교통혼잡도 1) ~ 중략 ~ 2) 장래 교통량에 대한 환산교통량 ① 선박의 주요 제원 등을 이용한 장래 통항 선박의 환산교통량 분석 ② 장래 교통량을 기초로 연간 평균, 일별 평균 및 시간당 평균 환산교통량을 평가 3) 이하 ~ 생략 ~
개선(안)	~ 중략 ~ 2) 장래 교통량에 대한 환산교통량 ① 선박의 주요 제원 등을 이용한 통항 선박의 환산교통량 분석 (선박의 주요 제원 등은 [매년] 진단관리기관에서 정한 값을 따른다) ② 이하 ~ 생략 ~

### 3) 점용영역 및 선박속력 개선(안)

- 현지 해상교통 현황분석(평균 속력 및 평균점용면적)을 이용한 계산 제안 ※ 조사 자료 축적에 따른 분석요소 이론값(점용면적, 속력)의 현실화 및 한국화 <해상교통안전법 시행지침 [별표 3] 안전진단항목별 기술기준 다. 교통혼잡도 평가>	
현 행	1. 해상교통량 현황분석 1) 통항 교통량 조사 ① Port-MIS 통계 자료 분석 또는 해운항만 통계연보 : 최근 5년간 교통량 분석 ② 해상교통조사: Port-MIS 관련 자료 활용이 불가능한 경우 현지 교통조사 결과를 기초로 연간 교통량 추정 2) 선박의 주요 통항로 분석 ① 지정항로: 항로 제원(항로 길이, 항로 폭 등) 분석 ② 기타: 지정항로 이외에 대해서는 해상교통조사를 활용하여 선박이 통항하는 수역에 대한 분석 3) 피크 타임(선박 폭주 시간대) 조사: 해상교통조사 결과를 기초로 통항량이 폭주하는 시간대 및 통항 척수 분석
개선(안)	1. 해상교통량 현황분석 1) ~ 3) 중략 4) <b>통항 선박의 평균속력 및 평균점용면적 조사 : 전체통항량의 <b>[**]%</b>로 한다.</b>

### 4) 안전진단대상사업별 진단항목관련 개선(안)

- 진단대상사업(연도교 건설 등 수역 내 시설물 건설)에 대한 혼잡도 평가 제외 <해상교통안전법 시행규칙 제2조의5 제1항 관련 [별표 1의 3] - 해상교통안전진단서 작성기준, 1. 진단항목기준>							
현 행	<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">항 목</th> <th style="text-align: center;">포함되어야 하는 내용</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">해상교통현황측정</td> <td>가. 해상교통특성 진단 나. 해역이용자의 의견분석 다. 해상교통혼잡도 진단 라. 현행 해상교통류 진단</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">해상교통시스템 적정성 평가</td> <td>가. 통항 안전성 평가 나. 접·이안안전성 평가 다. 계류안전성 평가 라. 해상교통류 평가 마. 종합평가</td> </tr> </tbody> </table>	항 목	포함되어야 하는 내용	해상교통현황측정	가. 해상교통특성 진단 나. 해역이용자의 의견분석 다. 해상교통혼잡도 진단 라. 현행 해상교통류 진단	해상교통시스템 적정성 평가	가. 통항 안전성 평가 나. 접·이안안전성 평가 다. 계류안전성 평가 라. 해상교통류 평가 마. 종합평가
항 목	포함되어야 하는 내용						
해상교통현황측정	가. 해상교통특성 진단 나. 해역이용자의 의견분석 다. 해상교통혼잡도 진단 라. 현행 해상교통류 진단						
해상교통시스템 적정성 평가	가. 통항 안전성 평가 나. 접·이안안전성 평가 다. 계류안전성 평가 라. 해상교통류 평가 마. 종합평가						
개선(안)	<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">항 목</th> <th style="text-align: center;">포함되어야 하는 내용</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">해상교통현황측정</td> <td>가.~나. 생략 <b>다. 현행 해상교통류 진단</b></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">해상교통시스템 적정성 평가</td> <td>가. ~라 생략 <b>마. 해상교통혼잡도 평가</b> <b>바. 종합평가</b></td> </tr> </tbody> </table>	항 목	포함되어야 하는 내용	해상교통현황측정	가.~나. 생략 <b>다. 현행 해상교통류 진단</b>	해상교통시스템 적정성 평가	가. ~라 생략 <b>마. 해상교통혼잡도 평가</b> <b>바. 종합평가</b>
항 목	포함되어야 하는 내용						
해상교통현황측정	가.~나. 생략 <b>다. 현행 해상교통류 진단</b>						
해상교통시스템 적정성 평가	가. ~라 생략 <b>마. 해상교통혼잡도 평가</b> <b>바. 종합평가</b>						



〈해상교통안전진단시행지침 제11조 관련 [별표2] 안전진단대상사업별 진단항목〉

대상사업	진단항목	해상교통 현황분석	해상교통 현황측정	해상교통시스템 적적성 평가				해상교통 안전대책	
				통항 안전성	접·이안 안전성	계류 안전성	해상 교통류		
현행	수역	설정	●	●	●	△	-	△	●
		변경	●	●	●	△	-	-	●
	수역내 시설물	건설, 부설	●	●	●	△	△	●	●
		보수	●	●	●	-	-	-	●
	항만 또는 부두	개발	●	●	●	●	●	△	●
		재개발	●	●	●	●	●	-	●
기타 국토해양부령으로 정하는 사업		●	●	●	△	△	△	●	

대상사업	진단항목	해상 교통 현황 분석	해상 교통 현황 측정	해상교통시스템 적적성 평가					해상 교통 안전 대책	
				통항 안전성	접·이안 안전성	계류 안전성	해상 교통류	해상교통 혼잡도		
개선(안)	수역	설정	●	●	●	△	-	△	<u>●</u>	●
		변경	●	●	●	△	-	-	<u>●</u>	●
	수역내 시설물	건설, 부설	●	●	●	△	△	●	-	●
		보수	●	●	●	-	-	-	-	●
	항만 또는 부두	개발	●	●	●	●	●	△	<u>●</u>	●
		재개발	●	●	●	●	●	-	<u>●</u>	●
기타 국토해양부령 으로 정하는 사업		●	●	●	△	△	△	<u>△</u>	●	

## 5. 기술기준(안)에 대한 전문가 의견 수렴 분석

- 전문가 자문(진단대행기관 책임연구원 대상)
- 학술대회 발표(해양환경안전학회)

### 5.1 전문가 의견 수렴

제안한 기술기준 및 기술기준(안)에 대한 전문가 의견수렴 내용 및 주요 의견은 다음과 같다.

- 진단 관련세미나 개최(공단 자체 실시)

#### 1) 표준선관련 주요의견

- 상대적으로 일회성 교통량에 그치는 대형 선박의 해상교통영향력은 미비함
- 항만 및 운항해역의 특성에 적합하도록 표준 선박을 대항기관에서 적절하게 설정하여 운영

- 하는 방안 [주요 입출항 톤수 별로 가중치 부여 산출 방법 등]
- 표준선 길이에 따라 혼잡도는 변하지 않음

**2) 실용교통용량관련 주요의견**

- 실제 적정한 실용교통용량은 해당 해역의 교통 조사 후 시간당 척수를 고려, 적용함이 타당
- 과거 일본 도로교통관련 내용을 그대로 가져온 것으로 기본교통용량의 1/4가 맞음
- 새로운 값을 제안하기 위해서는 그 근거, 원인 등 합당한 법적 근거를 제시해야 하므로 상당히 어려운 문제임. 차후 연구 과제로 남기고 현재는 1/4가 적합함
- 선박의 규모보다는 단순한 통항 척수에 대한 분포 비율을 25% 수준에서 정한 것으로, 국내 실정에 적합한 기준에 대한 연구 필요

**3) 점용영역 및 선박속력관련 주요 의견**

- 실제 해상교통조사에서 점용영역을 조사, 분석한다는 것은 사실상 어려움
  - 예외적인 경우 [태풍 등으로 선박들이 일시에 들어오고 빠지는 경우]만 가능
- 국내 주요 무역항의 항로 폭, 단독 통항 범위 및 선속 제한, 조종성능 등을 고려한 장 직경 및 단 직경 연구 필요

**4) 안전진단대상사업별 진단항목관련 주요 의견**

- 연도교 사업에서 해상교통혼잡도가 낮게 나온다고 그 의미가 없는 것은 아니며, 또 사례가 다양하여 혼잡도 평가가 중요한 사업이 있을 수 있으므로 평가항목 제외보다는 선택

항목으로 설정이 바람직함

- 해상교통혼잡도 평가란 기본적으로 항로와 관련한 평가 요소로서 대상해역을 제한하는 것이 바람직할 것으로 판단됨
  - 무역항/연안항/국가어항/특정해역/TSS 등에서 항로의 적정성 평가를 위한 진단 항목
- 현행 해상교통현황조사 측정에 명시된 해상교통혼잡도를 해상교통시스템 적정성 평가 항목으로 이동하여, 향후 물동량 예측 및 항로에서의 혼잡 또는 폭주 등을 예측하는 진단 기술로 승격시킬 필요성에는 적극 찬성

**5.2 전문가 의견 분석**

**1) 표준선관련**

표준선 길이에 따라 혼잡도는 변하지 않는다는 의견 관련하여 현재 진단대행업자들이 사용하고 있는 70m, 82m와 2010년 표준선박의 길이인 125.1m를 적용하고 실용교통용량 역시 현재 진단대행업자별 사용하고 있는 방법(①)과 1/4(②)로 표준화하여 그 값을 비교하여 보았다.

아래의 표를 보면 표준선이 커짐에 따라 기본교통

Table 5 표준선 길이변화에 따른 혼잡도 변화분석(①)

표 준 선	70m	82m	125.1m
실용교통용량 기준	1/4	1/5	1/5
기본교통용량(Q)	89.77	65.41	28.11
실용교통용량(Qp)	22.44	13.08	5.62
선박 척수(척)	4,370	4,370	4,370
L <sup>2</sup> 환산교통량	45,839	26,216	11,362
실제해상교통량(Qt)	11.58	6.62	2.87
해상교통혼잡도(Tc)(%)	51.6	50.6	51.04

용량, 실용교통용량,  $L^2$  환산교통량 및 실제해상교통량은 비율적으로 작아지고 있으나 해상교통혼잡도 값은 거의 변화가 없음을 확인할 수 있다.

실용교통용량을 1/4로 통일하여 표준선 길이 증가에 따른 혼잡도 변화를 살펴본다면, 위의 표와 함께 실용교통용량, 실제해상교통량 등은 비율적으로 작아지지만, 해상교통혼잡도 값은 70M에서 82M까지는 감소 추세를 보인 후 이후에는 거의 혼잡도 변화가 없으므로 이 역시 표준선박의 길이가 해상교통혼잡도 변화에 미치는 영향이 거의 없다는 전문가의 의견을 뒷받침하고 있다.

Table 6 표준선 길이변화에 따른 혼잡도 변화분석(②)

표준선	70m	82m	109.9m	125.1m
기본교통용량(Q)	89.77	65.41	36.42	28.11
실용교통용량(Qp)	22.44	16.35	9.11	5.62
선박 척수(척)	4,370	4,370	4,370	4,370
$L^2$ 환산교통량	45,839	26,216	14,567	11,362
실제해상교통량(Qt)	11.58	6.62	3.68	2.87
해상교통혼잡도(Tc)(%)	51.6	40.48	40.40	40.83

### 2) 실용교통용량

실용교통용량에 대한 연구 필요성은 인정하나 현재까지는 새로운 값을 제안하기 위한 근거 있는 연구가 없었으므로 일본의 기준 1/4를 적용하는 것이 타당하다는 의견이었다.

### 3) 점용영역 및 선박속력

현재로서, 항만 및 해역별 다른 폐색영역을 실제 교통조사에서 측정하기는 어려움으로 이를 이용한 평가는 수행되지 못할 것으로 판단되며 이를 개선하기 위해서는 국내 주요 무역항에서의 폐색영역 관련 연구 수행이 필요하다는 의견이었다.

### 4) 안전진단대상사업별 진단항목관련

일부 진단사업에 대한 해상교통혼잡도 평가제외에는 동의하나 해상교통진단대상사업의 특성상 사업별로 차이가 있으므로 제외보다는 선택항목으로 설정하는 것이 바람직할 것으로 보는 의견이었다.

## 5.3 최종 개선기술기준(안)

### 1) 해상교통혼잡도 평가 명칭 변경

일반적으로 해상교통이 혼잡해지면 선박 운항자의 심리적 스트레스가 증가하고 이는 해양사고 발생 위험성을 높일 것으로 생각하게 된다. 따라서, 해상교통혼잡도 평가는 이러한 위험성을 평가할 수 있는 수단이 돼야 하나 현재 기술기준 및 수행하고 있는 평가에서는 단순 해상교통용량 평가만을 요구하고 있으며, 관련 평가 이론 역시 일본에서 해상교통용량을 평가하기 위해 사용했던 방법이었다.

따라서, 해상교통혼잡도 관련 연구가 활발히 시행되어 국내 실정에 맞는 해상교통혼잡도 평가 모델이 수립되기 전까지는 해상교통혼잡도 평가를 해상교통용량 평가로 사용하는 것이 더 적합한 것으로 판단된다.

### 2) 실용교통용량 표준화

실용교통용량의 경우, 해상교통조사에서 확인할 수 있는 구체적이고 표준화된 방법이 없으며 이와 관련하여 일본을 대상으로 한 연구는 있으나 국내 주요항만을 대상으로 한 연구가 없으므로 관련 연구가 진행되기 전까지는 기본교통용량의 1/4을 실용교통용량으로 보는 것이 적합할 것으로 판단된다.

### 3) 안전진단대상사업별 진단항목

모든 진단사업에서 수행하고 있는 해상교통 혼잡도 평가를 해상교통현황측정에서 해상교통 시스템 적정성 평가로 이동하여 일부진단대상 사업(수역내 시설물 건설 부설 사업)에 대해서는 선택적으로 수행할 수 있도록 하는 것이 적합할 것으로 판단된다.

맞는지는 정확하게 알 수 없다.

따라서, 국내 실정에 맞는 해상교통혼잡도 평가로 개선하기 위해서는 일본의 사례와 같이 여러 기관에서 통합적으로 관련 이론 및 평가 방법을 심층 연구하여 장기적이고 점진적으로 개선하는 방안이 적절할 것으로 판단된다.

## 6. 결 론

이 논문은 선박안전기술공단 자체연구개발 사업으로 이루어진 것임을 밝힙니다. 표준선 길이 증가에 따른 해상교통혼잡도 값 변화를 실제로 평가해 본 바, 그 길이가 70m에서 82m로 증가하는 경우 감소하는 추세를 보이나 2010년 평균선박 길이인 125.1m로 변경하는 경우 그 값의 변화가 거의 없어 표준선변경에 따른 해상교통혼잡도 변화는 거의 없는 것으로 판단된다.

더불어 혼잡도 평가 현황분석을 통해 발견된 문제점을 개선하기 위한 개선 기술기준(안)을 제안 하고 전문가의 의견을 수렴하여 최종 개선 기술 기준(안)을 제안하였으며, 개선 관련 전문가의 의견은 현행 해상교통혼잡도 평가 방식을 유지 하자는 의견과 국내 실정에 맞는 해상교통혼잡도 평가로 개선하자는 의견으로 나뉘는 것으로 판단 된다. 현행 해상교통혼잡도 평가 방법은 일본의 이론을 그대로 가져온 것으로 국내 여건과 유사할 것으로 판단되나 실제 우리나라의 해상교통에

## 참 고 문 헌

- (1) Fujii Yahei, Tsutomu Makishima, Kiyoshi Hara(1981), '해상교통공학', 해문당
- (2) 장운재, 조익순, 이윤석, 김철승, 공인영 (2011), '해상교통안전진단제도 운영 및 평가 체계 고도화 연구', 선박안전 제30호, pp 98-107
- (3) 공인영, 양찬수(2005), '항로의 교통용량 추정 및 항로 가동률에 대한 고찰', 한국항해항만 학회 제29권 춘계학술대회 논문집, pp. 231~235
- (4) 박영수, 박진수, 김대원(2011), '해상교통혼잡도 파라미터 민감도 분석', 해양환경안전학회
- (5) 정재용, 박영수, 박진수(2006), '제한 수역에 서의 항행선박 항과거리에 관한 연구', 한국 항해항만학회 학술대회 논문집
- (6) 박영수, 정재용, 김종성(2010), 선박운항자 안전 의식에 기초한 선박통항 최소 이격거리에 관한 연구, 해양환경안전학회지 제43호, pp.401-406