

우리나라 항만에서의 항행 최저속력 규제에 관한 연구

박영수†

† 한국해양대학교 운항훈련원 교수

A Study on Proper Minimum Navigation Speed Control in the Korean Ports

Young-Soo Park†

† Professor, Training Center of Ship Operation, Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

요 약 : 항행속력규제는 통항안전성을 확보하기 위한 중요한 요소로서, 지금까지는 최고속력규제에 대하여만 연구 검토되어지고 있다. 최근 우리나라 항만에서는 중량물 운반용 예부선 등을 포함한 저속 항행선박으로 인하여 선박운항자의 위험부담감은 점점 증가하고 있다. 본 연구에서는 이러한 저속선박에 대한 최저속력 규제의 필요여부와 교통용량별 적정 최저속력을 산출하여 제안하였다. 이 연구의 구체적인 결과는 다음과 같다. (1) 시간당 통항척수가 5척의 경우에 최저속력을 5kts 이상으로 설정하면 속력규제 효과가 높다 (2) 시간당 통항척수가 10척 이상의 경우에 최저속력을 7kts로 설정하여야 속력규제 효과가 다소 있다 (3) 반면에, 통항척수가 많은 해역에서는 상대속력차가 적은 선박이 다수 발생하여, 선박 간 좁은 이격거리로 장시간 항행하여야 하므로 최저속력규제의 효과가 없는 것으로 판단된다.

핵심용어 : 항행속력규제, 교통안전, 운항부담감, 최고속력, 최저속력, 저속선박

Abstract : Navigation speed control is an important factor to improve the traffic safety. it is only researched about maximum speed control until now. Recently, there are lots of the low speed vessels including towing boats, carry heavy shipbuilding blocks in the Korean waters, so the danger degree of navigating vessels was increasing more and more. This paper analysed the effectiveness of minimum speed control with the operation burden's decrease, and it proposed the proper the minimum navigation speed of each traffic volume. Main results of this research are as follows. (1) in the case of 5 ships/hour, minimum speed control is effective if the lowest speed is fixed more than 5kts. (2) in the case of more than 10 ships/hour, speed control is some effective if the lowest speed is established 7kts. (3) But, when there are many ships in the waters, minimum speed control is not effective because distances between ships become near and ships navigate for a long time by a lot of ship having a few difference of relative speed.

Key words : Speed Control, Traffic Safety, Operation Burden, Maximum Speed, Minimum Speed, Low Speed Vessel

1. 서 론

선박 통항속력규제는 많은 선박들이 항행하고 있는 해역에서 타 선박 및 해상장애물과의 충돌시의 피해를 줄이는 역할을 한다. 또한 이러한 규제는 항만 내에서는 통항하는 선박으로부터 발생하는 항주파(Ship Wave)의 영향으로 하역작업의 방해로 방지하기 위하여 운영되고 있다. 최고항행속력규제는 선박의 고속화 및 대형화가 되기 이전인 1970년대에 처음 설정된 이후에, 현재는 여수·광양항 14노트, 인천항 12노트, 부산항 10노트로 설정되어 있다(법제처, 2008). 우리나라의 다른 항만에서는 이러한 최고 항행속력규제가 없을 정도로 선박의 최고 항행속력규제는 항만별로 상이하다. 이렇게 상이한 이유는 항만의 특성인 항로의 폭 및 길이, 선박 교통량, 항행하는 선박의 선종 등에 영향을 받기 때문이다. 이렇듯 항만에서의 최고속력규제는 약 40년 전부터 법적으로 규정되어 있지만, 최근에 와서야 최고속력에 대한 규제가 과연 통항안전에 특인지 실인지, 적정 최고속력은 어느 정도인지에 대하여 검토되었다

(박, 2006).

최근에는 우리나라의 조선 수주량이 세계최고를 자랑하고 있을 정도로 조선산업이 호황을 누리고 있어, 단일 조선소에서 선박을 전부 제작하지 못하는 형편이다. 이 때문에 인근 지역의 소형 조선소에서 제작한 선박구조물 일부를 예부선 등으로 운송하는 경우가 많다. 이러한 예부선에 의한 이동 시 선박구조물의 중량물 무게로 인하여 선박 고유의 항행속력을 전부 낼 수 없어 저속으로 항행하는 경우가 많다. 출입항항로에서는 예부선 이외에도 매우 저속으로 항행하는 선박들로 인하여 다른 선박운항자에게 위험부담감을 증가시켜 해양사고가 발생할 우려가 있을 뿐만 아니라, 이는 항만 경쟁력 약화로도 이어질 수 있다. 이렇듯 항만에서의 항행속력은 중요한 안전확보 요소이지만, 현재까지는 최고항행속력에 대한 규제만 존재하고 있다.

이 연구에서는 최고 항행속력과 더불어 최저 항행속력 규제가 필요한 것인지에 대하여, 우리나라 각 항만에 통항하는 선박척수를 기초로 해상교통류 시뮬레이션(Marine Traffic Flow Simulation) 기법을 도입하여 검토한다. 또한, 항만의 교통 특

† 교신저자: 박영수(중신회원), youngsoo@hhu.ac.kr 051)410-5085

성(교통량)별 적정 최저 속력을 산출하여 항만의 안전 및 해양 오염 방지에 기여하는 것을 목적으로 한다.

2. 해상교통류 시뮬레이션 조건

2.1 항행 폭의 설정

우리나라 주요 항만의 항로폭을 조사해 보면 Table 1과 같이 항로폭이 최소 350m에서 최대 640m로 분포하여 항로폭을 300m, 500m, 700m의 3가지로 설정하였다.

Table 1 Route Width of Korean Main Ports

Port Name	Route Width
Busan	350m(No.1 Route)
Ulsan	550m(No.1 Route)
Yeosu · Kwangyang	640m(No.1 Route)
Mokpo	450m~600m
Incheon	about 600m(No.1 Route)
Range of Route Width	350m~640m

2.2 선박척수 및 선박속력 분포

(1) 선박척수 및 선박크기 분포

우리나라 주요 항만의 시간당 선박통행 척수는 시간당 5척~20척의 분포가 가장 많아(박 등, 2008) 본 연구에서는 5척, 10척, 15척, 20척의 4가지로 설정하였다. 그리고 이에 부가하여 예부선 등과 같은 소형선(이하, 소형선)이 추가로 시간당 1척씩 통행하는 것으로 설정하였다. 선박크기 분포는 직선항로에서의 최고속력규제(박, 2006)에서 사용된 데이터를 이용하였다.

(2) 선박속력 분포

Fig.1부터 Fig.4까지는 선박속력을 선박척수 5척/시, 10척/시, 15척/시, 20척/시의 경우에 컴퓨터상에서 발생한 선박 속력 분포를 나타낸 것이다. 각 선박에 주어진 속력이 3노트, 5노트, 7노트를 넘는 선박에게는 지정된 최저속력으로 설정하여 항행하는 것으로 하였다.

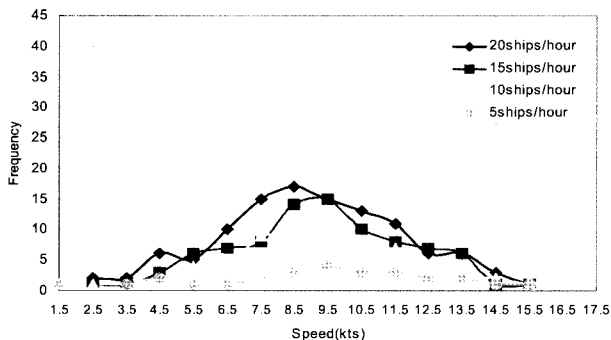


Fig. 1 Vessels Speed Distribution occurred in Marine Traffic Flow Simulation without Speed Limitation

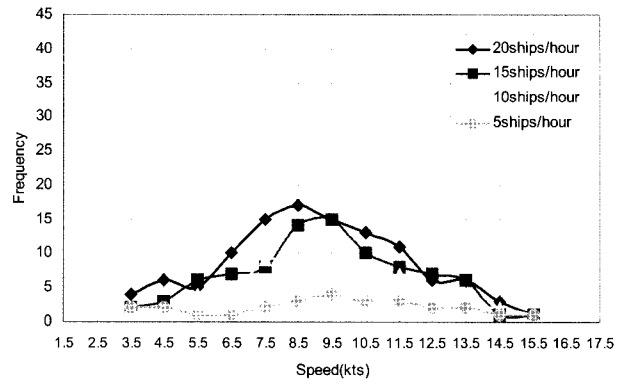


Fig. 2 Vessels Speed Distribution occurred in Marine Traffic Flow Simulation with 3kts Speed Limitation

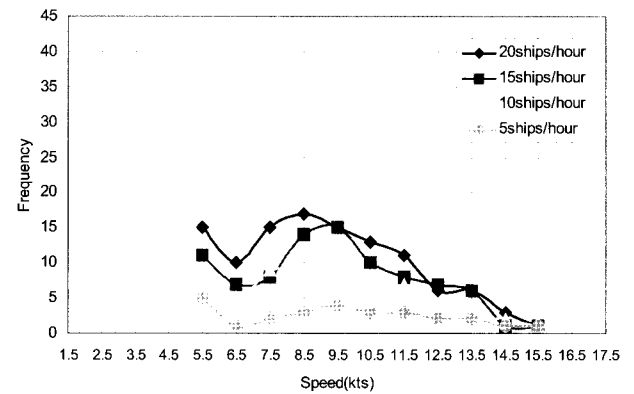


Fig. 3 Vessels Speed Distribution occurred in Marine Traffic Flow Simulation with 5kts Speed Limitation

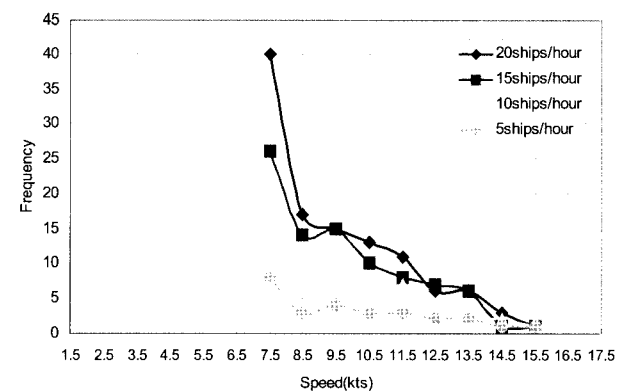


Fig. 4 Vessels Speed Distribution occurred in Marine Traffic Flow Simulation with 7kts Speed Limitation

(3) 해상교통흐름 설정

Fig.5는 우리나라 항만의 직선항로를 기초로 형상화 한 것으로, 위의 (1) 및 (2)에 따라 이 항로를 통행하는 선박들을 재현하고, 추가하여 소형선이 항로로 진입하여 항행하는 교통흐름을 설정하였다.

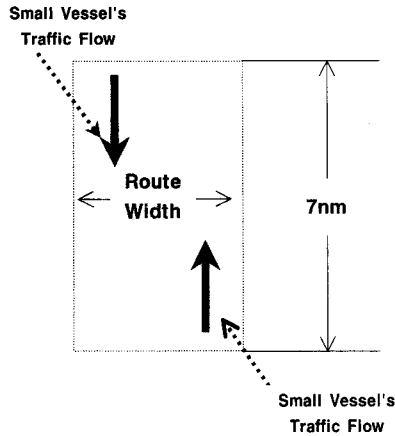


Fig. 5 Evaluation Target Waterways

2.3 환경스트레스 모델에 의한 평가

대상해역의 위험도를 파악하기 위하여 해상교통류 시뮬레이션을 실시하여 재현한 각 선박에 환경스트레스 모델(Inoue, 2000)을 적용하여 각 시나리오별 위험도를 파악한다. 여기에서는 잠재적 위험도를 파악하기 위하여 피항을 고려하지 않은 시뮬레이션을 실시하였다.

최저속력규제에 의한 선박상호간의 위험도가 어떻게 변화하는가를 알아보기 위하여 환경스트레스 결과 값 750이상의 허용불가의 범위 값(井上等, 1998)을 위험출현빈도(Danger Appearance Frequency, 이후 DAF라 함)로 집계하여 최저속력규제 전후의 효과에 대하여 검증하고자 한다.

3. 최저속력규제 전후와 항로폭별 위험도 관계

설정한 3가지 항로폭 별로 속력규제가 없는 해역에서 시뮬레이션을 실시하여 DAF를 산출하고, 최저속력규제를 실시한 해역의 시뮬레이션 결과에 대한 DAF를 비교하여 최저속력규제의 효과에 대하여 파악하고자 한다.

3.1 항로폭 300m

항로폭 300m에서의 선박통행척수별 최저속력규제 전후 효과를 분석하면 아래와 같다.

(1) 시간당 20척 선박통행

최저속력규제 전후 평가 결과, Fig.6과 같이 최저속력을 3~5kts 사이에 규제하면 속력규제 이전보다 위험도가 높은 것으로 나타났고, 최저속력을 7kts로 규제하였을 경우에는 3.4%의 위험도가 감소하여 최저속력규제 효과가 다소 있는 것으로 분석되었다. 이 그림에서 속력규제 전의 DAF는 실선으로 나타내었다.

이는 최저속력을 3kts 및 5kts로 규제할 경우, 대상해역에서 통행하고 있는 선박 중 7~9kts의 선박과 장시간 항행하여야 하기 때문에 DAF가 속력규제 전보다 오히려 높게 나타난 것으로 사료된다.

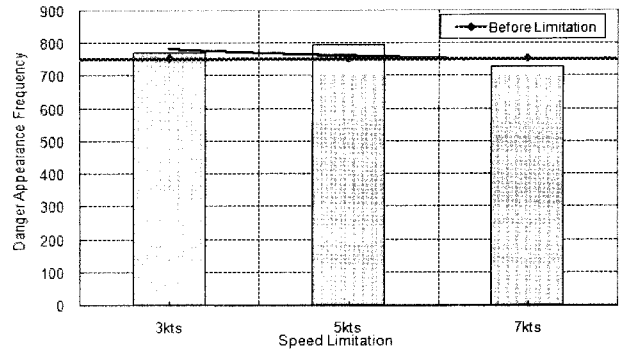


Fig. 6 DAF between Before and After Speed Limitation for 20 ships/hour at 300m Route Width

(2) 시간당 15척 선박통행

Fig. 7과 같이 시간당 15척의 선박이 항행하는 해역에 속력규제 이전과 최저속력 3kts 및 5kts 규제 이후의 DAF가 비슷한 것으로 분석되어 효과가 거의 없는 것으로 나타났다. 하지만 최저속력 7kts 규제는 5.4%의 감소 효과가 발생하는 것으로 나타났다.

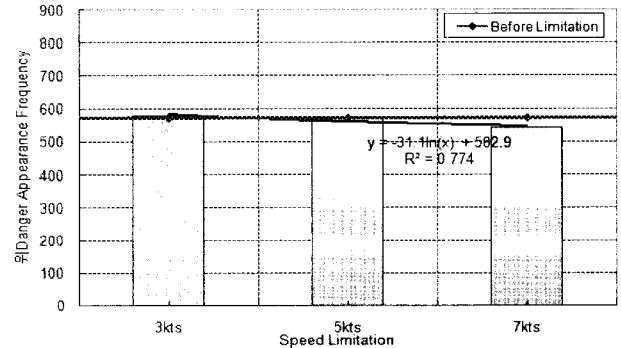


Fig. 7 DAF between Before and After Speed Limitation for 15 ships/hour at 300m Route Width

(3) 시간당 10척 선박통행

Fig. 8과 같이 시간당 10척의 경우에 평가대상해역의 DAF가 속력규제전보다 최저속력을 5kts이하로 규제할 경우 효과가 없는 것으로 분석되었고, 7kts 속력규제는 8.8%의 감소 효과가 있는 것으로 계산되었다.

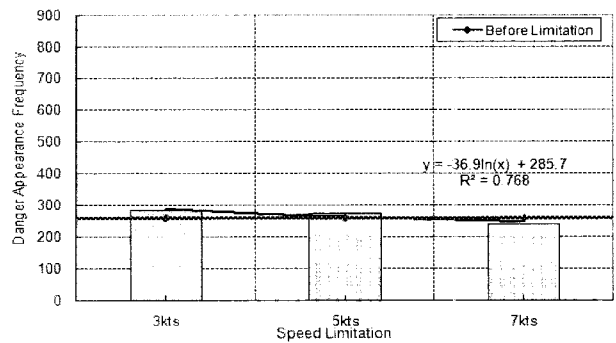


Fig. 8 DAF between Before and After Speed Limitation for 10 ships/hour at 300m Route Width

(4) 시간당 5척 선박통항

Fig. 9와 같이 시간당 5척의 경우에 평가대상해역의 DAF가 속력규제전보다 감소하여 최저속력규제 효과가 있는 것으로 분석되었다.

최저속력 3kts규제의 경우에는 속력규제 전보다 5.1% 감소가, 최저속력 5kts규제의 경우 28.8% 감소, 최저속력 7kts규제의 경우에는 42.4%의 감소가 있는 것으로 나타났다. 이는 최저속력의 한계속력을 높일수록 위험출현 감소율이 로그함수에 근사하는 것을 알 수 있다.

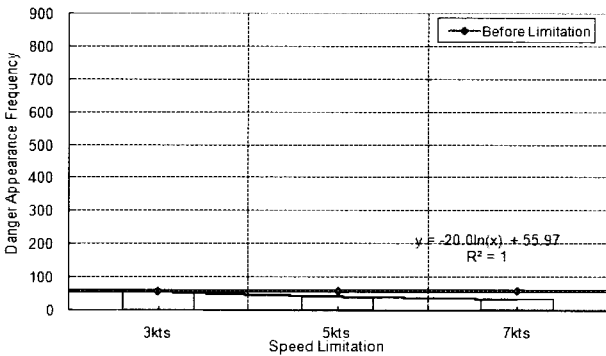


Fig. 9 DAF between Before and After Speed Limitation for 5 ships/hour at 300m Route Width

3.2 항로폭 500m

항로폭 500m에서의 선박통항척수별 최저속력규제 전후 효과를 분석하면 아래와 같다.

(1) 시간당 20척 선박통항

Fig. 10과 같이 최저속력을 3~5kts 사이로 규제하면 속력규제 이전보다 위험도가 높은 것으로 나타났고, 최저속력을 7kts로 규제하였을 경우에는 1% 감소하여 최저속력규제 효과가 아주 적은 것으로 분석되었다.

(2) 시간당 15척 선박통항

Fig. 11과 같이 최저속력3kts, 5kts규제는 속력규제로 인한 효과가 없는 것으로 나타났지만, 7kts의 경우에는 2.3%의 DAF 감소 효과가 있는 것으로 분석되었다.

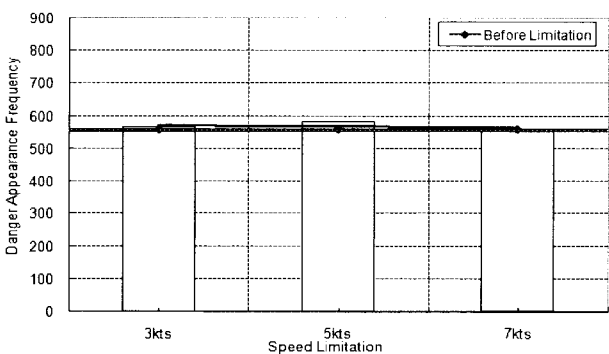


Fig. 10 DAF between Before and After Speed Limitation for 20 ships/hour at 500m Route Width

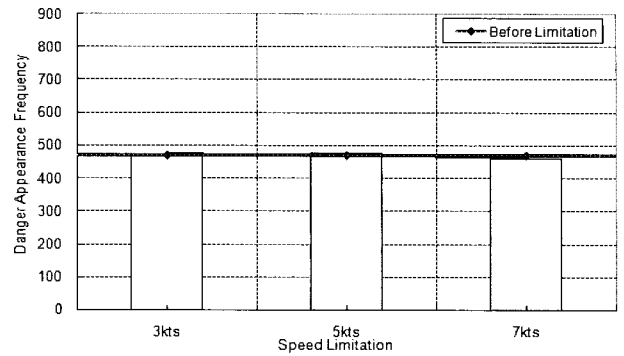


Fig. 11 DAF between Before and After Speed Limitation for 15 ships/hour at 500m Route Width

(3) 시간당 10척 선박통항

Fig. 12와 같이 최저속력 3kts규제는 효과가 없는 것으로 나타났고, 최저속력 5kts규제는 약 1%의 DAF가 감소하였으며, 최저속력 7kts 규제는 4.8%의 DAF 감소 효과가 있는 것으로 분석되었다.

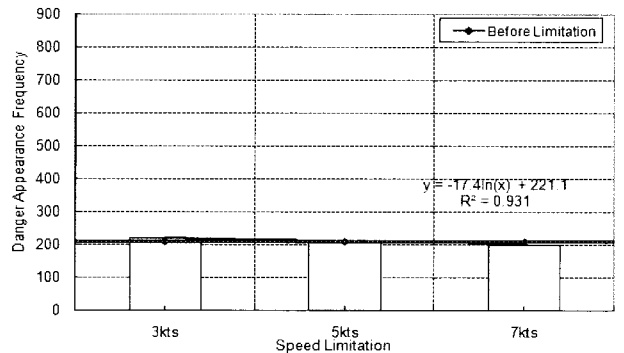


Fig. 12 DAF between Before and After Speed Limitation for 10 ships/hour at 500m Route Width

(4) 시간당 5척 선박통항

Fig. 13과 같이 최저속력 3kts규제의 경우에 4.5% DAF 감소가 최저속력 5kts규제의 경우 27.3% 감소, 최저속력 7kts규제의 경우 40.9% 감소 효과가 있는 것으로 분석되었다.

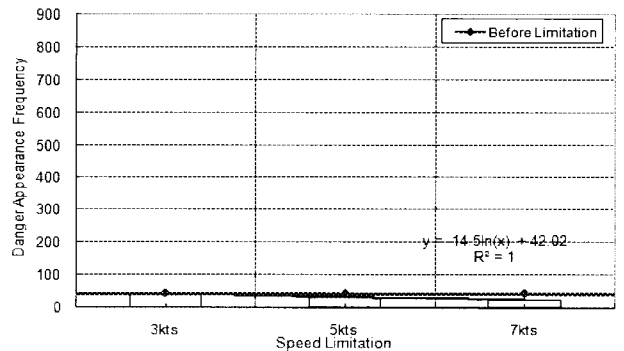


Fig. 13 DAF between Before and After Speed Limitation for 5 ships/hour at 500m Route Width

3.3 항로폭 700m

항로폭 700m에서의 선박통행척수별 최저속력규제 전후 효과를 분석하면 아래와 같다.

(1) 시간당 20척 선박통행

Fig. 14와 같이 최저속력을 3kts, 5kts, 7kts로 규제하였을 경우 속력규제 이전보다 위험도가 높은 것으로 분석되어, 이 조건에서는 최저속력규제의 효과가 없는 것으로 분석되었다.

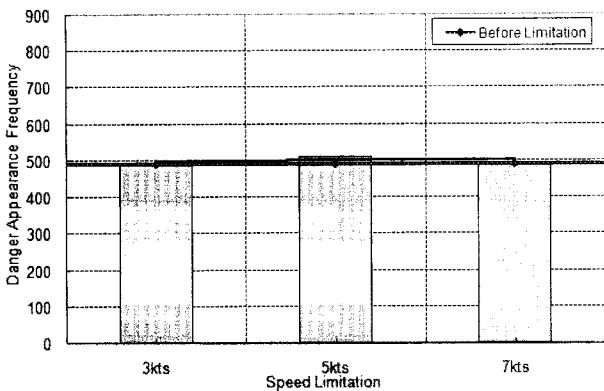


Fig. 14 DAF between Before and After Speed Limitation for 20 ships/hour at 700m Route Width

(2) 시간당 15척 선박통행

Fig. 15와 같이 최저속력을 3kts, 5kts, 7kts로 규제하였을 경우 속력규제 이전보다 위험도가 다소 높은 것으로 분석되어, 이 경우에는 최저속력규제의 효과가 없는 것으로 분석되었다.

(3) 시간당 10척 선박통행

Fig. 16과 같이 최저속력을 3kts, 5kts, 7kts로 규제하였을 경우 속력규제 이전보다 위험도가 다소 높은 것으로 분석되어, 이 경우에는 최저속력규제의 효과가 없는 것으로 분석되었다.

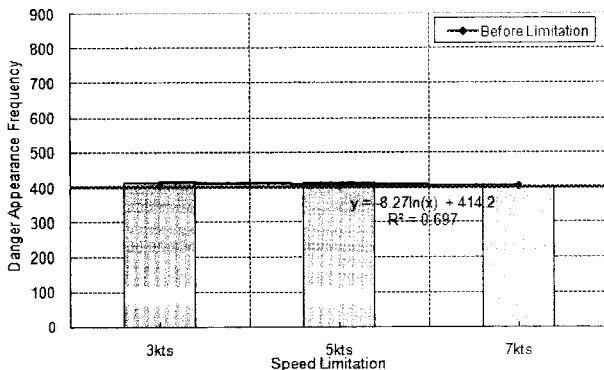


Fig. 15 DAF between Before and After Speed Limitation for 15 ships/hour at 700m Route Width

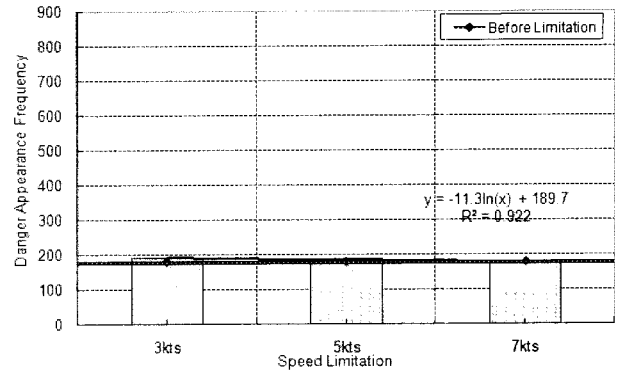


Fig. 16 DAF between Before and After Speed Limitation for 10 ships/hour at 700m Route Width

(4) 시간당 5척 선박통행

Fig. 17과 같이 최저속력을 3kts로 규제하였을 경우 위험 감소효과가 없고, 최저속력 5kts규제의 경우 DAF 27.0% 감소, 최저속력 7kts규제의 경우에는 DAF 40.5% 감소의 효과가 있는 것으로 분석되었다.

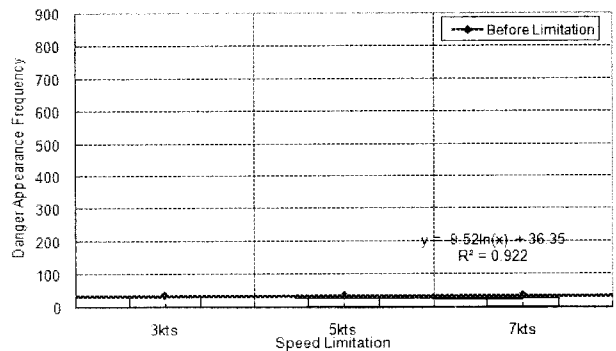


Fig. 17 DAF between Before and After Speed Limitation for 5 ships/hour at 700m Route Width

4. 최저속력규제 전후와 교통량별 위험도 관계

최저속력 규제에 의한 효과를 파악하기 위하여 최저속력 규제 전후의 선박운항자의 위험부담의 감소 정도를 식 (1)과 같은 지표를 이용하여 선박 교통량별 위험도의 관계를 분석하였다.

$$R_{db} = \frac{ND_B - ND_A}{ND_B} \times 100(\%) \quad (1)$$

여기서, R_{db} : 위험부담감소율(Reduction Rate of dangerous burden)

ND_A : 속력규제 후 위험출현빈도(Number of dangerous appearance after speed control)

ND_B : 속력규제 전 위험출현빈도(Number of dangerous appearance before speed control)

4.1 최저속력 7kts 규제시 위험 감소 정도

Fig. 18은 최저속력 7kts 규제시 위험 감소 정도를 항로폭 (◆는 항로폭 300m, ■는 항로폭 500m, ▲는 항로폭 700m) 별로 나타낸 것으로 이 그림을 통해서 다음을 알 수 있다.

(1) 시간당 통항척수가 증가할 경우, 선박운항자의 R_{db}는 감소하여 최저속력규제 효과가 적다. 반면에, 통항척수가 적을 경우에 최저속력규제의 효과가 높은 것으로 분석되었다.

(2) 동일한 통항척수의 경우, 항로폭 증가에 대한 R_{db} 효과(항로폭 100m 증가당 평균 1.3% 감소)는 척수가 증가할수록 높다.

(3) 통항척수별 위험감소율은 거듭제곱함수($y=aX^b$)로 근사한다.

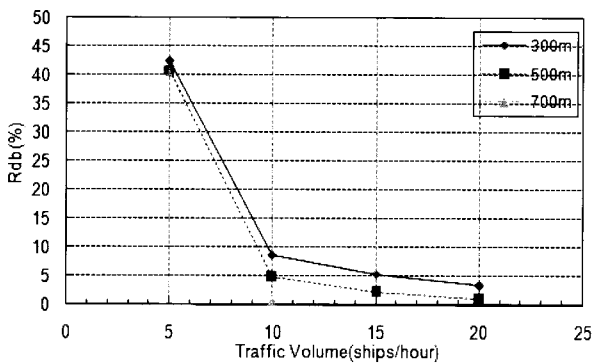


Fig. 18 Dangerous Rate of Danger Burden between Before and After 7kts Speed Limitation

4.2 최저속력 5kts 규제시 위험 감소 정도

Fig. 19는 최저속력 5kts 규제시 위험 감소 정도를 항로폭별로 나타낸 것으로 다음을 알 수 있다.

(1) 시간당 통항척수가 5척의 경우에, 선박운항자의 R_{db}가 감소하여 최저속력규제 효과가 있는 것으로 분석되었다.

(2) 항로폭 증가에 대한 R_{db} 효과(항로폭 100m 증가당 평균 0.9% 감소)는 다소 있는 것으로 분석되었다.

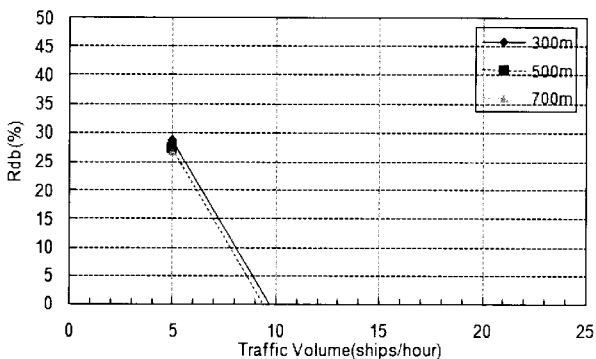


Fig. 19 Dangerous Rate of Danger Burden between Before and After 5kts Speed Limitation

4.3 최저속력 3kts 규제시 위험 감소 정도

Fig. 20은 최저속력 3kts 규제시 위험 감소 정도를 항로폭별로 나타낸 것으로 다음을 알 수 있다.

(1) 시간당 통항척수가 5척이고 항로폭이 500m 미만에서는, 선박운항자의 R_{db}가 감소하여 최저속력규제 효과가 있는 것으로 분석되었다.

(2) 항로폭 증가에 대한 R_{db} 효과(항로폭 100m 증가당 평균 0.8% 감소)는 다소 있는 것으로 분석되었다.

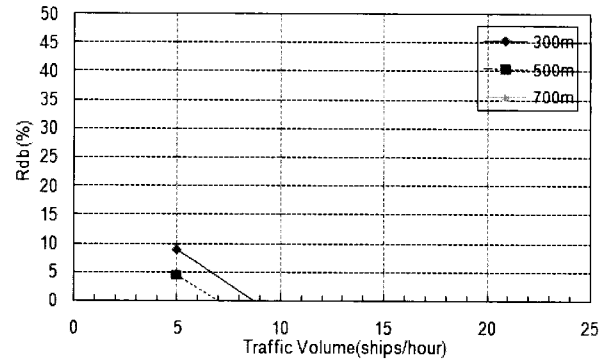


Fig. 20 Dangerous Rate of Danger Burden between Before and After 3kts Speed Limitation

4.4 최소 속력규제 효과

최저속력규제를 항로폭·척수별로 분석한 결과를 Table 2와 같이 정리할 수 있다. 이 표에서는 위험부담 감소효과가 없는 경우는 ×로, 위험 감소 효과가 0.1%~5%의 경우 △로, 위험 감소 효과가 5.1%~15%의 경우 ○로, 위험 감소 효과가 15.1% 이상의 경우에는 ◎로 표시하였다. 이는 선박운항자가 실제 직선항로에서 선박운항 중에 발생하는 위험부담감 중 5~10%전후를 흡수하여 감내한다는 연구(謝 等, 2005)를 기반으로 하여 구분한 것이다.

Table 2 Effectiveness of Minimum Speed Control

Speed Limitation Classification		Speed Limitation		
		3kts	5kts	7kts
Route Width 300m	5ships/h	○	◎	◎
	10ships/h	×	×	○
	15ships/h	×	×	○
	20ships/h	×	×	△
Route Width 500m	5ships/h	△	◎	◎
	10ships/h	×	×	△
	15ships/h	×	×	△
	20ships/h	×	×	△
Route Width 700m	5ships/h	×	◎	◎
	10ships/h	×	×	×
	15ships/h	×	×	×
	20ships/h	×	×	×

△: 효과 미미, ○: 효과 있음, ◎: 효과 높음

이 표에 의하면 시간당 통항척수가 5척의 경우에 최저속력 5kts 및 7kts규제에서 속력규제 효과가 높고, 통항척수가 10척 이상의 경우(항로폭 500m 이하)에는 최저속력을 7kts 이상으

후 기

로 설정하여야 최저속력규제 효과가 발생하는 것으로 분석되었다. 이와 같이 통항척수가 많은 경우 최저속력규제의 효과가 미미한 것은 상대속력 차이가 적은 선박들이 해역에 다수 존재하므로 선박간 이격거리가 좁아지면서 장시간 항행하여야 하기 때문으로 추정된다.

통항척수에 따른 적정최저속력의 상이는 선박운항자를 대상으로 한 설문조사결과(문·정, 2008)와 일치하고 있다. 이 설문조사 결과에 의하면 적정 최저속력은 기본적으로 6~7kts의 속력을 유지하면서 주위 통항여건에 따라 상이하게 설정하는 것이 바람직하다는 답변이 다수(전체 37%)로, 시간당 통항척수별 및 항로폭을 고려하여 적정 최저속력을 설정하는 것이 타당한 것으로 보인다.

5. 결 론

최근 조선산업의 호황으로 우리나라 항만에서는 중량물 운반용 예부선 등이 저속으로 다수 항행하고 있다. 저속 항해선박의 영향으로 선박운항자의 위험부담감은 점점 증가하고 있다. 본 연구에서는 이러한 저속선박의 최저속력 규제의 필요여부와 교통량별 적정 최저속력을 산출하였다. 구체적인 결과는 아래와 같다.

(1) 시간당 통항척수 5척의 경우에 최저속력을 5kts 이상으로 규제하면 속력규제 효과가 높은 것으로 나타났다.

(2) 시간당 통항척수 10척 이상의 경우에 최저속력을 7kts로 규제하여야 속력규제 효과가 다소 있는 것으로 나타났다.

(3) 이와 같이 통항척수가 많은 해역에서의 최저속력규제 효과는 상대속력 차이가 적은 선박이 다수 항행하기 때문에, 선박 간 이격거리가 좁아져 장시간 항행하여야 하므로 없는 것으로 판단된다.

항만의 통항안전을 위하여 주위 교통량(시간당 통항량 10척 이하)에 따라 최저속력을 규제하지 않는 것보다 5~7kts로 규제하는 것이 통항안전에 효과가 있는 것으로 판단된다. 하지만, 통항선박이 매우 많은 해역에서는 최저속력규제의 효과가 미미하여 다른 안전대책(교통량 총량규제 등)을 우선적으로 적용하는 방안을 연구할 필요가 있다.

이 논문은 2007년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음 (KRF-2007-331-F00043).

참 고 문 헌

- [1] 문성배, 전승환(2008), “광양항 하이스코 임시항로 출입 예부선의 안전운항에 관한 연구”, 한국항해항만학회지 32권 6호, pp.433~438.
- [2] 박성룡, 박진수, 강정구, 박영수(2008), “교통량 분석을 통한 항만 VTS 관제사의 업무량 평가”, 한국항해항만학회지 32권 8호, pp.569~576.
- [3] 박영수(2006), “직선항로에서의 적정 최대속력에 대한 검토 연구”, 해양환경안전학회지 12권 2호, pp.139~144.
- [4] 법제처 종합법령정보센터(2008), “해상교통안전법시행규칙”, www.klaw.go.kr.
- [5] 井上欣三, 久保田雅敬, 宮坂眞人, 原大地(1998), “危険の切迫に對して操船者が感じる危険感の定量化モデル”, 日本航海學會論文集, No.98, pp.235~245.
- [6] 謝洪彬, 井上欣三, Cemil Yurtoren(2005), “潛在環境負荷と殘存環境負荷の關係-I.-直線狀航路數量關係推定-”, 日本航海學會論文集, No.112, pp.95~100.
- [7] Inoue, K. (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.

원고접수일 : 2008년 12월 29일

심사완료일 : 2009년 2월 20일

원고채택일 : 2009년 2월 23일