

해상교통조사 기반 부산항 접근 해역의 선박 충돌 확률 산출에 관한 연구

이명기* · † 박영수 · 신대운** · 박진수***

*한국해양대학교 해양과학기술전문대학원, **,***,† 한국해양대학교

요약 : 국내 5년간의 해양사고 현황을 살펴보면 충돌사고가 가장 많은 비율을 차지하고 있으며, 사고 건수 또한 증가하는 추세이다. 우리나라에서는 해상교통안전진단 규정에 따라 통항 안전성 확보가 가능하다고 평가하는 기준을 근접도에 따른 충돌 확률 10^{-4} 으로 정하고 있으나, 이 기준에는 해상교통흐름 및 교통량을 반영하고 있지 않은 실정이다. 따라서 본 연구에서는 해상교통조사를 기반으로 부산항 접근해역의 선박 충돌 확률 산출을 목적으로 한다. 충돌 확률은 부산신항 1.058×10^{-4} , 부산항 0.830×10^{-4} 으로 해상교통안전진단 기준인 10^{-4} 과 근사한 값으로 산출되었으며, 최근 10년간 부산항 접근 해역의 해양사고 발생 위치와 비교해본 결과 충돌 확률이 높은 곳에서 실제 사고가 발생한 것을 확인하였다. 추후에 다양한 항만의 충돌확률 산출을 통하여 국내 해상교통량 기반의 충돌확률을 확립하는데 기초자료로 활용할 수 있을 것이다.

핵심용어 : 선박 충돌확률, 부산항, 부산신항, 해상교통조사, 충돌사고

1 배경 및 목적

- 우리나라 최근 5년간 해양사고 현황을 살펴보면, 충돌사고가 가장 많은 비율을 차지하고 있을 뿐 아니라 사고 건수 또한 증가하는 추세임.
- 국내 해상교통안전진단 규정에 따르면 근접도에 따른 충돌 확률이 10^{-4} 미만이고, 운항자 평가의 결과가 평균 -2.0 이상인 경우 해상교통환경 변화에 따른 통항안전성 확보가 가능하다고 평가하고 있으나, 충돌 확률 10^{-4} 미만의 기준은 해상교통특성과 교통량을 반영하고 있지 않음
- 2014년7월5일부터 2014년7월10일까지 6일간의 해상교통조사 결과 기반으로 부산항의 충돌확률을 산출하고, 2008년~2017년까지 10년간의 충돌사고 발생위치를 비교하고자 함

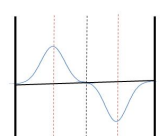


2 충돌 확률의 이론적 고찰

충돌 확률의 기본 이론

충돌 상황	P_i 계산식
Head-on	$4 \cdot B \cdot D \cdot \rho_s$
Crossing	$\rho_m \cdot 2 \cdot (B + L) \cdot D$
Random course	$\rho_n \cdot W \cdot \left(\frac{4}{\pi} \cdot L + 2 \cdot B\right)$

TSS 통항 선박의 충돌 확률 산출 (Overtaking collision)



통항분리대를 설치한 경우 선박이 분리대 쪽으로 접근하기는 하지만 반대편 항로를 침범하지 않음. 따라서 각 분리원 항로에 대하여 주위 상황의 충돌 확률을 산출하도록 함.

(Source: 해상교통류 시뮬레이션용 이원관 통항분리제도의 정량적 효과 평가)

$$N_i = \frac{(B_1 + B_2)}{W} D \cdot N_m \sum f_x \cdot f_y \left(\frac{1}{v_x} \frac{1}{v_y}\right)$$

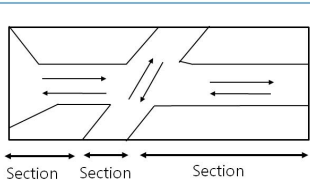
$$P_a = P_c \cdot P_i$$

2 충돌 확률의 이론적 고찰

충돌 확률의 기본 이론

$$C = \lambda \cdot N = P(C) \cdot N$$

C = 예상 accident 수 / time-unit
 λ = accident 수 / 선박통항량
 N = 선박통항량 // time-unit
 P(C) = Probability of impact accident per passage of fairway section

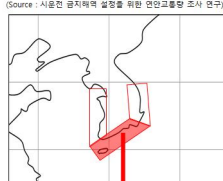


$$C_T = \sum_m \sum_u P(C)_{m,u} \cdot N_m$$

2 충돌 확률의 이론적 고찰

충돌확률 계산을 위한 PARAMETER

- Peak time traffic volum
- Mean Breadth
- Mean LOA
- Mean Speed
- Fairway width
- Fairway Length
- Collision navigation failure Probability



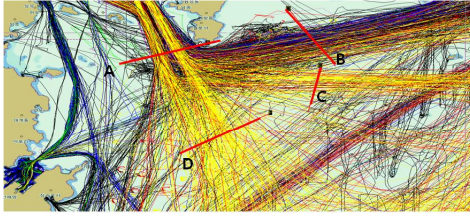
(Source : 시뮬전 금지지역 설정을 위한 연안교통량 조사 연구)

$P_c = P_a / P_i$ ($P_i = 0.25$ 가정)
 남해안의 통항량 : 16485척/7일
 5년간 남해안 사고건수 : 2827건
 $P_c = 6.577 \times 10^{-4} / 0.25$
 2.631×10^{-3} (failure/passage)

† 교신저자 : 종신회원, youngsoo@kmou.ac.kr
 * 일반회원, lmk0620@kmou.ac.kr

3 부산항·부산신항의 충돌 확률 평가

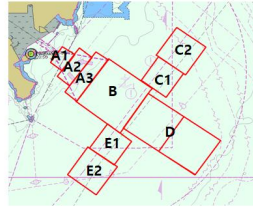
부산신항의 해상교통조사 분석



	Peak Time 통항량	평균 선박길이	평균 선폭	평균 선속(가정)
A	12.2 ships/hour	119.15m	18.92m	9kts
B	8.8 ships/hour	55.53m	11.11m	12kts
C	2.2 ships/hour	126.07m	19.42m	12kts
D	3.2 ships/hour	201.26m	29.08m	12kts

3 부산항의 충돌 확률 평가

부산항 충돌 확률 평가



구분	K	Σ	P_i	P_n
A1	162.67	4.50×10^{-6}	7.32×10^{-4}	0.385×10^{-5}
A2	101.44	4.50×10^{-6}	4.56×10^{-4}	0.240×10^{-5}
A3	69.02	4.50×10^{-6}	3.11×10^{-4}	0.163×10^{-5}

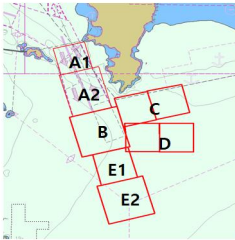
구분	ρ	P_i	P_n
B	1.00×10^{-7}	7.19×10^{-2}	1.891×10^{-4}
C1	0.73×10^{-7}	2.29×10^{-2}	0.063×10^{-4}
C2	0.56×10^{-7}	2.29×10^{-2}	0.063×10^{-4}
D	0.94×10^{-7}	5.39×10^{-2}	2.837×10^{-4}
E1	0.66×10^{-7}	2.29×10^{-2}	0.063×10^{-4}
E2	0.56×10^{-7}	2.29×10^{-2}	0.063×10^{-4}

$$\Rightarrow A1 + A2 + A3 + B + C1 + C2 + D + E1 + E2 = 7.220 \times 10^{-4}$$

부산항 접근해역의 충돌확률은 7.220×10^{-4} 이 산출되었으며, 세부 구역의 충돌확률을 살펴보면 상대적으로 범위가 큰 D구역과 부산항 입출항을 위하여 선박이 교차하는 B구역의 충돌확률이 높은 것으로 산출됨

3 부산항·부산신항의 충돌 확률 평가

부산신항 충돌 확률 평가



구분	K	Σ	P_i	P_n
A1	572.92	4.40×10^{-6}	2.52×10^{-3}	1.325×10^{-5}
A2	673.40	4.40×10^{-6}	2.96×10^{-3}	1.558×10^{-5}

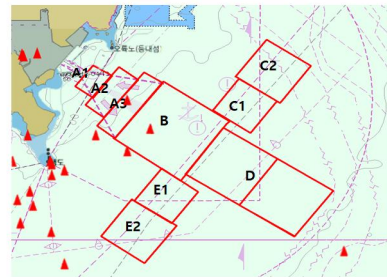
구분	ρ	P_i	P_n
B	2.47×10^{-7}	0.13×10^{-2}	3.652×10^{-4}
C	1.94×10^{-7}	3.68×10^{-2}	1.937×10^{-4}
D	0.48×10^{-7}	1.97×10^{-2}	1.039×10^{-4}
E1	0.65×10^{-7}	4.53×10^{-2}	1.192×10^{-4}
E2	0.52×10^{-7}	4.53×10^{-2}	1.192×10^{-4}

$$\Rightarrow A1 + A2 + B + C + D + E1 + E2 = 9.299 \times 10^{-4}$$

부산신항 접근해역의 충돌확률은 9.299×10^{-4} 로 산출되었으며, 세부 구역의 충돌확률을 살펴보면 부산신항 및 마산항, 진해항의 입출항을 위하여 선박이 교차하는 B구역의 충돌확률이 가장 높고, 통항량이 많은 C구역의 충돌확률이 높은 것으로 산출됨

3 부산항·부산신항의 충돌 확률 평가

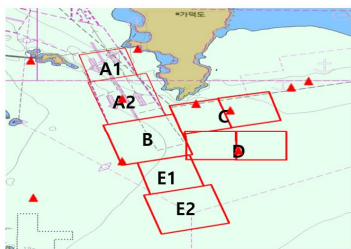
최근 10년간 부산항 접근해역 충돌 사고 위치



최근 10년간 부산항 접근해역의 충돌 사고 위치와 비교해 본 결과 산출된 충돌 확률이 두번째로 큰 B구역과 충돌 확률이 가장 작은 A3구역에서 사고가 발생한 것으로 나타남

3 부산항·부산신항의 충돌 확률 평가

최근 10년간 부산항 접근해역 충돌 사고 위치



최근 10년간 부산신항 접근해역의 충돌 사고 위치와 비교해 본 결과 산출된 충돌 확률이 큰 B구역과 C구역에서 사고가 발생하였으며, 충돌 확률이 다소 낮게 산출된 A2구역과 D구역에서도 각각 1건의 충돌사고가 발생하였음

4 결론 및 추후방향

1

국내 해상교통안전진단 규정에 의거하여 근접도에 따른 충돌 확률이 10^{-4} 미만이면 통항안전성 확보가 가능하다고 평가하고 있음. 그러나 이 값은 각 해역의 특성과 교통량이 반영되어있지 않음. 따라서 해상교통조사 결과 기반으로 부산항의 충돌 확률을 평가하고자 함.

2

2014년7월5일부터 2014년7월10일까지 6일간의 해상교통 흐름을 분석하고, 통항 특성을 고려하여 부산항 9개, 부산신항 7개 구역으로 구분하여 충돌 확률을 산출함. 그 결과 부산신항은 9.299×10^{-4} , 부산항은 7.220×10^{-4} 로 산출되었고, 충돌 확률이 높은 곳에서 실제 사고가 발생한 것으로 확인함.

3

부산항 접근 해역의 충돌 확률은 해상교통안전진단 기준인 10^{-4} 보다 큰 값으로 산출되었으며, 충돌확률을 감소시키기위한 대책마련이 필요함. 또한 추후 다양한 항만의 충돌확률을 산출하여 국내 해상교통량을 기반으로 한 충돌 확률을 확립하는데 기초자료로 활용될수 있을 것임.