

등부표 접촉사고 발생의 위험성 평가에 관한 연구

- 부산항 신항 접근항로를 중심으로 -

이명기* · † 박영수 · 국승기** · 정해성***

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

요약 : 등부표는 선박이 운항할 때 경제적이고 안전한 항로를 선택할 수 있도록 유도하는 항행 원조 시설로 안전 항해에 매우 중요한 요소이다. 그러나 통항 선박의 충돌사고로 인하여 등부표의 파손 및 유실이 발생하고 있다. 따라서 본 연구에서는 해상교통평가모델을 활용하여 등부표 접촉사고 발생 위험성을 평가하고자 한다. 먼저 항만물동량이 높고, 항로에 등부표가 다수 설치된 부산항을 대상으로 선정하고, 부산항의 등부표 접촉사고 현황에 대하여 조사·분석했다. 그리고 부산항의 해상교통량을 기반으로 해상교통평가모델인 IWRAP, PARK Model을 활용하여 등부표 접촉사고 발생의 위험성을 평가했다. 추후에 다양한 해역의 접촉사고 위험성을 평가하고, 미래교통량을 추정·적용하여 등부표 신설 시 안전한 등부표 설치 해역 선정의 기초자료로 활용할 수 있을 것이다.

핵심용어 : 등부표 접촉사고, 위험성 평가, IWRAP MKII, PARK Model, 부산항 신항

1. 서론

등부표 접촉사고 발생의 위험성 평가에 관한 연구 ★

- 등부표는 선박이 운항할 때 경제적이고 안전한 항로를 선택할 수 있도록 유도하는 항행 원조 시설로 안전 항해에 매우 중요한 요소임
- 선박접촉, 부표유실, 기상악화 등으로 매년 등부표의 파손 및 유실이 발생하고 있으며, 그 중 **선박 충돌사고** 등부표 파손의 주요 원인으로 조사됨

해상교통평가모델을 활용하여 등부표 접촉사고 발생 위험성을 평가하고자 함

2. 위험성평가를 위한 이론적 고찰

등부표 접촉사고 발생의 위험성 평가에 관한 연구 ★

IWRAP MKII

Basic Risk Equation

$$R = P \cdot C$$

R = Risk
P = Probability that undesired incident occurs
C = Consequences of undesired incident

Basic Algorithm

$$X_{Gnd} = N_{Gnd} \cdot P_C$$

X_{Gnd} = Number of Grounding Candidates
 P_C = Causation Probability
 N_{Gnd} = Number of Annual Groundings

2. 위험성평가를 위한 이론적 고찰

등부표 접촉사고 발생의 위험성 평가에 관한 연구 ★

IWRAP MkII

- Modeling tool useful for maritime risk assessment
- Estimate the frequency of collisions and groundings in a given waterway based on information about traffic volume/composition and route geometry

Characteristics of tool

- Probabilistic algorithm
- Scenario based
- Quantitative approach

2. 위험성평가를 위한 이론적 고찰

등부표 접촉사고 발생의 위험성 평가에 관한 연구 ★

PARK Model (The Potential Assessment of Risk Model)

한국 연안 지역 특성 및 선박운항자의 의식을 기반으로 한 해상 교통 위험도 평가 모델

$$\text{Risk value} = 5.081905 + T_0 + T_1 + L_1 + W_1 + C_1 + L_1 + P_1 + 0.002517L + C_1 + S_1 + H_i/o + S_p - 0.004930 \times S_0 - 0.430710D$$

T_0 = Type factor
 T_1 = Ton factor
 W_1 = width factor
 C_1 = career factor
 L_1 = license factor
 P_1 = position factor
 L = LOA

C_1 = crossing factor
 S_1 = side factor
 H_i/o = in/out harbor factor
 S_0 = speed factor
 S_d = speed difference
 D = distance

Internal elements	External elements
1. Type of ship	8. Crossing situation
2. Tonnage	9. Approaching side
3. Length	10. Inside/Outside harbor
4. Width	11. Speed correlation
5. Career	12. Speed difference
6. license	13. Distance
7. Position	

† 교신저자 : 종신회원, youngsoo@kmou.ac.kr

* 정희원, lmk0620@kmou.ac.kr

3. 등부표점착사고 위험성 평가

등부표 점착사고 발생의 위험성 평가에 관한 연구 ★

대상항만 설정

등부표 설치 상위 5개 항만 목록

선박 동행량 및 물동량 상위 5개 항만 목록 (2017년 기준)

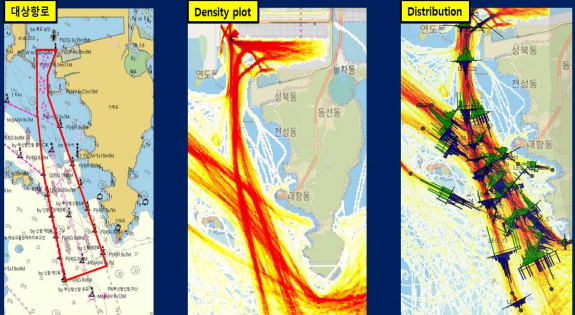
Port	National	Private	Total	Port	No. of vessel traffic	Trade (volumetric)
Yeosu	103	151	254	Busan	100,197	1,324,573,426
Incheon	155	88	243	Gwangyang	52,263	723,853,691
Masan	59	110	169	Ulsan	50,495	444,367,410
Busan	95	60	155	Incheon	37,407	386,789,768
Mokpo	60	30	190	Pyeongtaek-Dangjin	19,924	288,147,545

부산항은 등부표 기수 155기를 설치·관리하여 13개 지방해양수산청 중 4번째로 많은 등부표를 관리하고있으며, 선박동행량과 물동량은 타 항만보다 약 2배 이상 높은 것으로 분석됨 → 교통량이 많고 등부표 설치기수가 많은 부산항을 대상항만으로 설정함

3. 등부표점착사고 위험성 평가

등부표 점착사고 발생의 위험성 평가에 관한 연구 ★

대상항만의 위험성 평가 (IWRAP MkII)



3. 등부표점착사고 위험성 평가

등부표 점착사고 발생의 위험성 평가에 관한 연구 ★

대상항만의 사고현황 조사

항로별 부표 설치 기수

Fairway	No. of light buoy
Busan No.1 fairway	10
Busan No.2 fairway	12
Busan No.3 fairway	6
Busan No.4 fairway	3
Busan No.5 fairway	49

사고원인별 부산항 항로의 부표 사고 (최근 10년)

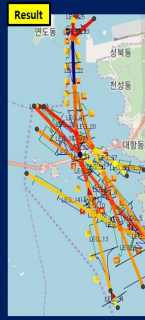
No. of Fairway	Bump	Bad weather	Unknown cause	Etc.	Total
1	12	1	2	0	15
2	21	18	1	1	41
3	6	1	1	0	8
4	4	0	0	0	4
5	38	11	25	0	74
Total	81	31	29	1	142



3. 등부표점착사고 위험성 평가

등부표 점착사고 발생의 위험성 평가에 관한 연구 ★

대상항만의 위험성 평가 (IWRAP MkII)



Powered Grounding
11.72 Incidents/Year

Drifting Grounding
0.463 Incidents/Year

Total Groundings
12.18 Incidents/Year

Name	Powered	Drifting	Total
부산항1항로	0	0.006	0.006
부산항2항로	0.28	0.013	0.293
부산항3항로	0	0.01	0.01
부산항4항로	0.715	0.019	0.733
부산항5항로	0.002	0.012	0.014
부산항6항로	0.963	0.017	0.98
부산항7항로	0.412	0.015	0.426
부산항8항로	0.2	0.014	0.214
부산항9항로	0.035	0.011	0.046
부산항10항로	0.473	0.015	0.488
부산항11항로	0.305	0.02	0.325
부산항12항로	0.037	0.018	0.055
부산항13항로(내항영역10호)	0.02	0.016	0.036
부산항14항로(내항영역10호)	0.88	0.016	0.906
부산항15항로(내항영역10호)	0.239	0.02	0.259
부산항16항로(내항영역10호)	0.33	0.016	0.347
부산항17항로(내항영역10호)	0.377	0.019	0.395
부산항18항로(내항영역10호)	0.049	0.016	0.065
부산항19항로(내항영역10호)	0.014	0.017	0.031
부산항20항로(내항영역10호)	0.037	0.016	0.052
부산항21항로(내항영역10호)	0.007	0.015	0.021
부산항22항로(내항영역10호)	0.007	0.015	0.021
부산항23항로(내항영역10호)	0.074	0.014	0.088
부산항24항로(내항영역10호)	0.015	0.021	0.036
부산항25항로(내항영역10호)	2.429	0.14	2.569
부산항26항로(내항영역10호)	2.15	0.15	2.3
중영A	0.135	0.015	0.15
중영B	0.084	0.021	0.105
중영C	0.014	0.011	0.025
Total	11.714	0.464	12.178

3. 등부표점착사고 위험성 평가

등부표 점착사고 발생의 위험성 평가에 관한 연구 ★

대상항만의 위험성 평가 조건

- GICOMS 항력 데이터 기간 : 2017.07.08.~07.10.(3일)
- 기적수도, 5형로(부산신항) 등부표 형식 (2017년) : - LANBY-100, LSP-28, LL-28, LL-26(M)
- 등부표 선회반경 계산요소 : 풍력, 조류력, 파력, 수심 등
- 풍속(기상청 거제도해양기상부이 데이터) : 최대순간풍속 12.2m/s 2017.07.10. 24:00
- 조류(국립해양조사원 조류도) : 기적수도에서 전해만 입구 수로의 평균대조기에 측정유속이 0.7(10.9)kts
- 파고(기상청 거제도해양기상부이 데이터) : 최대파고 3.2m, 최대 파주기 8.0sec 2017.07.10. 22:00.

형식	수심	수평력	체인길이	선회반경
LANBY-100	29m	2,248.629kgf	48.728m	30.9m
LL-28	29m	53.9kgf	35.908m	7.1m
LL-26(M)	29m	58.365kgf	36.062m	7.5m

4. 결론

등부표 점착사고 발생의 위험성 평가에 관한 연구 ★

- 해상교통평가모델을 활용하여 등부표 점착사고 발생 위험성을 평가하고자 함
- 교통량이 많고 등부표 설치기수가 많은 부산항을 대상항만으로 설정하고, 부산항의 등부표 점착사고를 조사·분석한 결과, 제5항로의 점착사고가 52%로 가장 많았으며, 등부표 설치기수도 가장 많았음. 따라서 제5항로를 대상 항로로 선택함
- 제5항로를 대상으로 IWRAP MkII와 PARK Model을 활용하여 등부표 점착사고 발생 위험성을 평가함
- 추후에 다양한 해역의 점착사고 위험성을 평가하고, 미래교통량을 추정·적용하여 등부표 신설 시 안전한 등부표 설치 해역 선정의 기초자료로 활용할 수 있음