데이터 기반 '닻 끌림 예보제' 방안 제시

김이슬* · 이해승** · 김준성***

*동해지방해양경찰청 포항항VTS 7급, **동해지방해양경찰청 포항항VTS 8급, ***해양경찰청 선박교통관제과 7급

요 약 : 닻 끌림으로 인한 대형사고 예방 및 선박 피항 결정을 보다 객관적으로 시행하기 위해, 정박지별 닻 끌림 선박의 당시 기상현황 조사결과를 선박 크기별로 분류 후 위험기상 평균값을 도출하여 향후 기상악화 예보 시, 닻 끌림 위험성을 예측하는 '닻 끌림 예보제' 시행 방안 제시

1. 연구 목적 및 연구방법

포항항 정박지는 지형 특성 상 북동방향으로 열려 있고, 닻 끌림이 쉬운 저질 문제로 위험기상 발생 시 닻 끌림 발생이 잦아 신속한 선박 대피 및 사고예방을 위해 대책 마련이 필요하다.

본 연구는 닻 끌림 가능성을 예측하여 닻 끌림으로 인한 대형사고 예방 및 선박 피항 결정을 보다 객관적으로 시행함을 목적에 두고 있다.

연구는 ① 포항항 기상여건 및 정박지별 대표선박 선정 ② 저질 및 선박제원 따른 한계풍속 조사 ③ 닻 끌림 발생 기상현황 검토 ④ 닻 끌림 예보제 운영방안 순서로 진행이 된다.

2. 포항항 기상여건 및 정박지별 대표선박

포항항의 가상여건을 조사하기 위해 기상청 기상자료개방포털을 참고하였다.

2021년 1년간 기상현황 조사결과 동절기 12월,1월,2월과 돌풍의 영향이 있는 3월, 태풍의 영향이 있는 8월,10월에 위험기상 발생률이 높은 것으로 조사되었다.

* 포항항 기상여건(2021년 기준/기상자료개방포털)

	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
평균풍속	8.3	7.3	6.5	6.3	5.7	4.5	3.6	5.4	6.4	6.1	6.7	9.1
최대풍속	18.5	16.5	16.5	15.9	15.3	11.7	14.1	16.1	13.8	15	14.1	14.9
순간최대풍속	25.8	22.3	22.2	22.1	20.8	15.7	17.3	21.2	17.3	22.2	18.5	20.5
풍향	NW, NE	NW, NE	NE, NW	NE SE	SW	SW ,E	SW, E	SW ,NE	NE,E	N, NE	NW	NW
특보일수	14	13	16	10	12	2	3	16	7	18	10	21

포항항의 포트미스 기준 2022년 3월 한달 간 정박지 이용현황 조사 결과,

S2 정박지는 총 48척 중 총톤수 3천 이하 선박의 이용률이 79%, 총톤수 3천~5천 이하 선박의 이용률이 18%, S3 정박지는 총 61척 중 총톤수 3천 이하 선박의 이용률이 80%, S4정박지는 총 81척 중 총톤수 3천 이하 선박의 이용률이 66%, 총톤수 3천~5천 이하 선박의 이용률이 12%로 주로 소형선박들이 정박을 하였다.

S5정박지는 총 46척 중 총톤수 7천~1만 이하 선박의 이용률이 30%, 총톤수 1만~3만 이하 선박의 이용률이 29%, 총톤수 3만~5만 이하 선박의 이용률이 29%, Q1정박지는 총 6척 중 총톤수 1만~3만 이하의 선박의 이용률이 66%로 주로 중·대형 선박들이 정박을 하였다.

S1 정박지의 경우 수심이 낮고 저질이 좋지 않아 통상적으로 상선의 정박지로 활용하지 않고 있다.

3. 저질 및 선박제원 따른 한계풍속 조사

포항항 정박지는 해도에 근거하여 S1~S4 정박지 저질은 펄에 모래가 1/2 ~ 1/4의 비율로 섞여있는 MS(Mud Sand)이다. S5 정박지 저질은 북쪽으로는 Rock 남쪽으로는 Gravel 이며, Q1 정박지 저질은 Rock이다. S5정박지의 북쪽과 Q1정박지의 저질은 정박지로서 좋지 않은 해저질을 가지고 있다.

닻 끌림은 외력이 파주력보다 클 때 발생이 되며, 외력은 풍압력·표류력·조류력 등이 있지만 풍압력에 비하여 표류력과 조류력은 선박에 미치는 영향이 미미하여 풍압력만을 고려하여 한계 풍속을 조사하였다.

* 풍압력과 파주력

풍압력 = $Ca(1/2)paV^2(A\cos^2\ominus+B\sin^2\ominus)$

Ca : 최대풍압계수(1.5), pa:공기밀도, V : 풍속, $\ominus$: 수풍각(45°), A : 정면풍압면적 B : 측면풍압면적

파주력 = Pa+Pc = (∠a×Wa)+(∠c×Wc×L)

P : 전파주력, Pa : Anchor 의한 파주력,
Pc : Anchor chain에 의한 파주력,

λ_a : Anchor 파주계수
λ_c : Anchor chain 파주계수
Wa : Anchor의 수중에서 무게
Wc : Anchor Chain의 1m 당 수중에서 무게

저질이 유사한 정박지를 묶어 S2~S4 / S5,Q1 정박지 두 개의 그룹으로 나누어서 저질에 따른 대표선박별 한계풍속을 아래의 표와 같이 조사해보았다.(포항항 정박지 개선방안 연구용역 참고)

* 대표선박별 한계풍속

구분	대표 선박	저질	선박상태	한계풍속		
				(m/s)	P(ton)	R(ton)
S 2 S 3 S 4	1K급	MS	Full.L	23.4	14.6	13.6
			Ballast	18.7	14.6	12.5
	3K급		Full.L	25.1	31.9	21.2
			Ballast	20.3	31.9	19.5
	5K급		Full.L	27.6	24.6	24.6
			Ballast	22	24.3	24.2
	7K급		Full.L	25.3	31.9	28.5
			Ballast	19.3	31.9	25.7
	17K급		Full.L	26	47.9	42.7
			Ballast	19.6	47.9	38.1
S 5 Q 1	5K급	R	Full.L	17.9	10.3	10.3
			Ballast	14.2	10.1	10.1
	7K급		Full.L	16.8	12.6	12.6
			Ballast	13.3	12.4	12.2
	17K급		Full.L	17.3	19	18.9
			Ballast	13.7	18.6	18.6
	30K급		Full.L	16	25.5	25.4
			Ballast	13	24.9	24.6
	77K급		Full.L	16.5	39.5	36.4
			Ballast	12.3	37.5	36.9

4. 닻 끌림 발생하는 기상 현황 검토

대표선박별 한계풍속은 저질만 동일하면 타 항만이나 동일하게 적용되는 값이라서, 포항항에서 실제로 닻 끌림이 발생되었던 당시 기상 현황(순간최대풍속, 풍속)을 2021 ~ 2022년에 걸쳐 조사해 한계풍속과 비교해 보았다

* S2~S4 정박지 닻 끌림 발생 기상 현황

정박지	선명	총톤수	화물유무	풍향/순간 최대풍속	한계풍속과 차이	풍향/풍속	한계풍속과 차이
S4	ZE	158	무	N 21	2.3	N 15.6	-3.1
S4	SI	1,194	유	NE 16	-7.4	NE 11.8	-11.6
S4	SI	1,194	유	NE 15.5	-7.9	NE 11.3	-12.1
S4	YU	1,597	유	N 21	-2.4	N 15.6	-7.8
S4	YU	1,597	무	NW 16.6	-2.1	NW 13.6	-5.1
S4	HO	1,858	유	NE 15.5	-7.9	NE11.7	-11.7
S4	BE	1,886	유	NE 24.6	1.2	NE 15.9	-7.5
S4	NA	1,926	유	NE 20	-3.4	NE 15.6	-7.8
S4	NA	1,926	유	NE 20	-3.4	NE 15.6	-7.8
S4	NA	1,926	유	NE 20	-3.4	NE 15.6	-7.8
S2	YI	1,995	유	NE 20.6	-2.8	NE 15.6	-7.8
S4	RI	1,996	무	NE 19.1	0.4	NE 15	-3.7
S4	우양	2,123	무	NE 16.5	-2.2	NE 11.8	-6.9
S4	FO	2,372	유	NE 16	-7.4	NE 12.2	-11.2
S4	LO	2,510	유	N 20.3	-3.1	N 15.7	-7.7
S2	구암	2,789	무	NE 15.5	-4.8	NE 10.9	-9.4
S2	JI	2,799	유	NW 17.3	-7.8	NW 12.7	-12.4
S2	SI	2,803	유	NE 18.5	-6.6	NE 14.6	-10.5
S4	JI	2,984	유	NE 20.6	-4.5	NE 15.6	-9.5
S4	QI	3,652	유	NE 20.6	-4.5	NE 15.6	-9.5
S4	코파	3,652	유	NE 21	-4.1	NE 15.6	-9.5
S2	창	3,763	무	NE 13.3	-7.0	NE 10.1	-10.2
S4	SU	3,994	유	NE 18	-7.1	NE 10.2	-14.9
S4	HUI	4,355	무	NE 14	-6.3	NE 10.4	-9.9
S2	BA	4,492	무	NE 12.9	-7.4	NE 9.5	-10.8
S4	VI	4,562	유	NE 16	-9.1	NE 11.8	-13.3
S2	AL	4,598	유	NE 21	-4.1	NE 15.5	-9.6
S4	한라	4,800	무	NE 18	-4.0	NE 13.1	-8.9
S3	대진	5,100	유	NE 20	-7.6	NE 14.3	-13.3
S2	남일	5,100	유	NE 20	-7.6	NE 15.6	-12.0
S2	K	5,499	유	NE 20.6	-7.0	NE 15.6	-12.0
S4	삼표	5,500	무	NE 18	-4.0	NE 13.1	-8.9
S4	동방	5,566	무	NW 17	-5.0	NW 13.6	-8.4
S4	SA	5,608	유	NE 19	-8.6	NE 12.9	-14.7
S3	AP	6,290	무	NE 20	-2.0	NE 15.6	-6.4
S2	CH	7,487	무	NE 20.6	1.3	NE 15.6	-3.7
S4	CO	8,579	무	NE 20	0.7	NE 14.5	-4.8
S2	CH	16,041	유	NE 20	-6.0	NE 14.3	-11.7
S4	LA	17,150	유	NE 20.6	-5.4	NE 15.6	-10.4
S4	SH	18,200	무	NE 16	-3.6	NE 11.8	-7.8

* S5, Q1 정박지 닻 끌림 발생 기상 현황

정박지	선명	총톤수	화물유무	풍향/순간 최대풍속	한계풍속과 차이	풍향/풍속	한계풍속과 차이
Q1	SA	5,608	유	NE 18.6	0.7	NE 12.2	-5.7
Q1	TT	5,675	무	NE 16.5	2.3	NE 10.8	-3.4
Q1	HA	5,799	무	NE 15.2	1.0	NE 10.3	-3.9
Q1	GO	7,460	유	NE 15	-1.8	NE 11.3	-5.5
Q1	LA	7,689	무	NE 15	-1.8	NE 11	-5.8
Q1	GU	8,473	유	NE 16.3	3.0	NE 12.2	-1.1
Q1	GU	8,473	무	NE 16.6	3.3	NE 12.5	-0.8
Q1	XI	8,850	유	NE 16	-0.8	NE 12.2	-4.6
Q1	GA	8,973	유	NE 16	-0.8	NE 11.7	-5.1
Q1	GO	9,999	유	NE 16	-0.8	NE 11.7	-5.1
S5	CH	6,448	무	NW 18.6	5.3	NW 13.3	0.0
S5	LI	7,449	무	NE 14.9	1.6	NE 12	-1.3
S5	LA	7,700	유	NE 18	1.2	NE 13.1	-3.7
S5	CH	8,385	유	NE 15.7	-1.1	NE 12.4	-4.4
S5	GU	8,473	무	NE 15	1.7	NE 11.1	-2.2
S5	GW	9,611	무	NE 14.9	1.6	NE 12	-1.3
S5	AS	10,000	유	NE 18	1.2	NE 13.1	-3.7
S5	GE	11,285	유	NE 17	0.2	NE 12.8	-4.0
Q1	SU	12,959	무	NE 16	2.3	NE 12.2	-1.5
Q1	DA	14,021	무	NE 16.6	2.9	NE 12.5	-1.2
Q1	KH	21,460	유	NE 17	-0.3	NE 12.9	-4.4
Q1	ST	17,902	무	NE 14.9	1.2	NE 10.4	-3.3
S5	스타	17,000	유	NE 18	0.7	NE 13.1	-4.2
S5	HU	18,827	유	NE 16	-1.3	NE 11.2	-6.1
S5	HA	18,827	유	NE 16	-1.3	NE 11.8	-5.5
S5	TH	23,433	유	NW 16.8	-0.5	NW 12.3	-5.0
S5	AC	26,322	유	NE 17.5	1.5	NE 13	-3.0
S5	크리	28,073	유	NE 15	-1.0	NE 11.6	-4.4
S5	MO	28,157	유	SE 16.8	0.8	SE 13.2	-2.8
S5	SH	32,962	유	NE 20	4.0	NE 15.4	-0.6
S5	MA	32,987	무	NE 20	7.0	NE 15.4	2.4
S5	ST	32,929	무	NE 13.1	0.1	NE 10.8	-2.2
S5	SS	32,987	유	NE 17	1.0	NE 13.3	-2.7
S5	PA	95,047	유	NW 17	0.5	NW 15.1	-1.4

닻 끌림 발생 현황을 저질이 유사한 정박지별, 톤수별로 분류하여 풍속의 평균을 낸 결과 아래와 같이 평균 순간최대풍속과 한계풍속과의 차이는 근소하지만 평균 풍속과는 크게는 10m/s 이상의 차이를 보였다. 이는 선박조종력, 기상악화일수, 기타 외력 등에서 차이가 있는 것으로 보인다.

* 대표선박별 평균 순간최대풍속·평균 풍속과 한계풍속의 차이

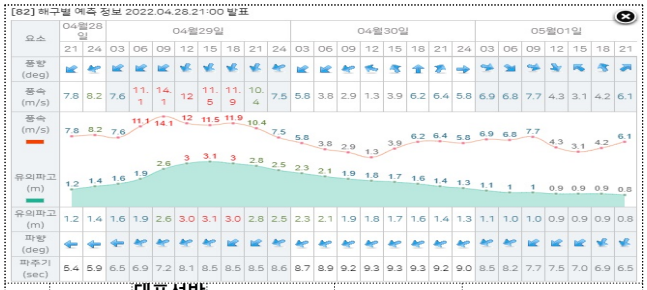
구분	대표 선박	저질	선박상태	평균순간 최대풍속	한계풍속 과 차이	평균 풍속	한계풍속 과 차이
S 2 S 3 S 4	1K급	MS	Full.L	19	-4.4	14.2	-9.2
			Ballast	18.3	-0.4	14	-4.7
	3K급		Full.L	19.1	-6	14	-11.1
			Ballast	14	-6.3	10.2	-10.1
	5K급		Full.L	19.3	-8.3	14.6	-13
			Ballast	18.2	-3.8	13.9	-8.1
	7K급		Full.L				
			Ballast	20.3	+1	15	-4.3
	17K급		Full.L	20.3	-5.7	15	-9
			Ballast	16	-3.6	11.8	-7.8
S 5 Q 1	5K급	R	Full.L	18.6	+0.7	12.2	-5.7
			Ballast	15.7	-1.5	10.6	-3.6
	7K급		Full.L	16.3	-0.5	12.1	-4.7
			Ballast	16	+2.7	12.1	-1.2
	17K급		Full.L	16.8	-0.5	12.3	-5
			Ballast	15.8	+2.1	11.7	-2
	30K급		Full.L	17.3	+1.3	13.3	-4
			Ballast	16.5	+3.5	13.1	+0.1
	77K급		Full.L	17	+0.5	15.1	-1.4
			Ballast				

5. 닻 끌림 예보제 운영방안

닻 끌림이 발생하였던 당시 기상현황 검토 결과 풍향은 북서~북동에서 발생하였고, 평균 순간최대풍속 · 평균 풍속은 한계풍속보다 대체로 낮은 값을 가졌다. '닻 끌림 예보제'는 기상악화 예측 시 선박에서 닻 끌림을 대비해 철저한 사전준비 및 경각심을 제고하는 것에 목적이 있으므로 풍속은 가장 낮은 값인 평균 풍속값을 한계로 정해 그 이상의 풍속일 때는 닻 끌림 위험도가 높은 것으로 평가했다. 또한 기상청 예측 기상은 순간최대풍속은 예보되지 않고, 풍속으로 예보가 되고 있기 때문에 예측값은 풍속을 기준으로 정해야한다.

'닻 끌림 예보제'는 예측기상이 풍향 북서~북동, 평균 풍속 이상의 기상 예측 시에 실시하는 걸로 하고, 돌풍 등 예보되지 않은 위험기상 발생 시엔 관제사가 실시간으로 인지 할 수 있게끔, 관제센터에 있는 기상장비 알람이 발생하도록 장비개량이 필요하다.

* 닻 끌림 예보제(안)



정박지	정박선	대표선박 한계풍속 (m/s)	예측위험기상	닻끌림 위험도(%)	VTS권고사항(예시)
S2~S4	G.T 1,500	14.2	6시 : NE 11.1 **9시 : NE 14.1** 12시 : NE 12.1 15시 : NE 11.5 18시 : NE 11.9	78%-99%-85%-80%-83%	닻 끌림 대비 기관사·양묘기 사용 준비
	G.T 2,000(공선)	14		79%-100%-86%-82%-85%	닻 끌림 대비 기관사·양묘기 사용 준비
	G.T 2,700	14		79%-100%-86%-82%-85%	닻 끌림 대비 기관사·양묘기 사용 준비
	G.T 4,000(공선)	**10.2**		**100%-138%-118%-112%-116%**	**외해 드리프팅 및 접안 등 피항 권고**
S5	G.T 7,500(공선)	12.1		91%-116%-100%-95%-98%	닻 끌림 대비 기관사·양묘기 사용 준비
	G.T 8,000	12.1		91%-116%-100%-95%-98%	닻 끌림 대비 기관사·양묘기 사용 준비
	G.T 25,000	12.3		90%-114%-98%-93%-96%	닻 끌림 대비 기관사·양묘기 사용 준비
	G.T 30,000(공선	**11.7**		**94%-120%-103%-93%-101%**	**외해 드리프팅 및 접안 등 피항 권고**

6. 결　　론

닻 끌림 관련 자료를 향후 계속 축적하여 선종과 톤수를 더 세분화하여 평균풍속값을 활용한다면 닻 끌림 예보제의 정확성은 더욱 확보될 것이다.

'닻 끌림 예보제'는 선박 및 유관기관에 위험기상 발생으로 닻 끌림 위험도를 알려 닻 끌림에 대비하여 선박과 유관기관이 충분한 시간을 두고 대비 하고, 대피시간을 충분히 확보할 수 있을 것이라 기대한다.

참 고 문 헌

[1] 포항지방해양수산청(2014), 포항항 정박지 실태조사 및 개선방안 연구용역