

공학석사 학위논문

한국 연안 해역을 항해하는 선박의
안전성 평가에 관한 연구

Evaluation of Navigational Safety
of Ships on the Korean Coast

지도교수 김 순 갑

2003년 2월

한국해양대학교 대학원

해사수송과학과

정 창 현

本 論 文 을 鄭 昌 鉉 의 工 學 碩 士 學 位 論 文 으 로 認 准 함 .

위 원 장 공 학 박 사 공 길 영 인

위 원 공 학 박 사 문 성 혁 인

위 원 공 학 박 사 김 순 갑 인

2002년 12월 20일

한국해양대학교 대학원

해사수송과학과 정 창 현

목 차

Abstract	iii
Nomenclature	v
제 1 장 서 론	1
1.1 연구의 배경 및 목적	1
1.2 연구내용과 연구방법	2
제 2 장 한국 연안의 기상정보	4
2.1 평수구역 제4구와 그 부근의 연해구역	8
2.2 평수구역 제5구와 그 부근의 연해구역	17
2.3 평수구역 제6구와 그 부근의 연해구역	21
2.4 평수구역 제7구와 그 부근의 연해구역	26
2.5 평수구역 제8구와 그 부근의 연해구역	32
2.6 평수구역 제9구와 그 부근의 연해구역	37
2.7 평수구역 제10구와 그 부근의 연해구역	43
2.8 평수구역 제11구와 그 부근의 연해구역	48
제 3 장 항해 안전성 평가 방법	52
3.1 해양파 스펙트럼	52

3.2	내항성능 평가요소	53
3.3	내항성능의 평가치와 위험도	56
3.4	임의 한 개 요소에 의한 항해 안전성 평가	59
제 4 장	연안 항해 선박의 안전성 평가	60
4.1	수치계산의 조건	60
4.2	해역별 항해 안전성 평가	62
4.3	선형별 항해 안전성 평가	82
제 5 장	결 론	85
	참 고 문 헌	86

Evaluation of Navigational Safety
of Ships on the Korean Coast

Chang-Hyun Jeong

Department of Maritime Transportation Science,
Graduate School of Korea Maritime University

Abstract

There are winds and waves in the sea, and they are changed frequently in accordance with the weather. By analyzing them which have the closest relation to the ship's safe voyage, evaluating the seakeeping performance and then taking a proper action, navigators should carry out safe navigation on the sea.

The seakeeping performance can be defined as the ability of a ship to go to sea without any loss of performance, and successfully and safely execute her missions even in inclement weather conditions.

A ship in seaways suffers continuous disturbances by irregular waves, and ship motions with irregular waves cannot be easily

described as a system model which is adequate to a control system.

But, in general, for seakeeping analysis, ship motions in irregular seas can be estimated by the superposition of the motion responses in regular wave components of the sea spectrum.

After comparing and analyzing the winds and waves in major sea areas, this paper evaluates the navigational safety of ships on the Korean coast with potential dangerous seakeeping performance using the weather information provided by land.

The conclusion is as follows:

- (1) It is possible that the safety of ships could be secured more accurately by evaluating the seakeeping performance of ships.
- (2) When the weather is bad, the departure of ships could be controlled by evaluating the navigational safety of ships.
- (3) When a ship is placed in commission in any area, this evaluation could be used to decide the type and size of ship in use.

Nomenclature

E_{X_i}	내항성능 평가요소의 평가치
$E_{X_{ic}}$	내항성능 평가요소의 한계평가치
$H_{1/3}$	해양파의 1/3 유의파고
\tilde{P}_i	내항성능 평가요소의 신뢰도 함수
P_T	내항성능 신뢰도 함수
$Q_{X_{ic}}$	내항성능 평가요소의 한계발생확률
$Q(X_i)$	내항성능 평가요소의 발생확률
S	해면상대
$S_{X_i}(\omega, \chi)$	내항성능 평가요소의 스펙트럼
$S_\zeta(\omega)$	장파정 해양파 스펙트럼
$S_\zeta(\omega, \theta)$	단파정 해양파 스펙트럼
T_o	평균파 주기
V	선박의 속도
X_i	내항성능 평가요소
X_{ic}	내항성능 평가요소의 한계치
θ	파의 평균 진행방향과 요소파가 이루는 각도
$\theta - \chi$	내해양파의 성분파 방향
μ_m	내항성능 평가요소의 최대위험도
μ_{X_i}	내항성능 평가요소의 위험도

σ_{x_i}	내항성능 평가요소의 표준편차
$\sigma^2_{x_i}$	내항성능 평가요소의 분산치
x	선박과 파와의 만남각
ω	해양파 주파수

제 1 장 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

바다에는 항상 바람과 파도가 존재하며, 이들은 기상의 변화에 따라 수시로 변화한다. 선박의 운항자는 안전운항과 밀접한 관련을 갖는 이들 요소들을 분석하여 선박의 내항성능을 파악하고, 선체 및 기상과 해상 상태에 따라 적절하게 선체운동을 제어하는 조치를 취하여 안전한 항해를 수행하지 않으면 안 된다.

여기서 내항성능(Seakeeping performance)이란 「선박이 바람이나 파랑 등의 외력을 받으며 항행 할 경우 유효한 평균선속의 저하를 최소로 하며 안전하고 쾌적하게 항행 할 수 있는 성질」, 또는 「어떤 해상 상태에서 예정속도를 유지하고 손상 또는 성능 저하가 없이 항해가 가능한 성질」이라고 정의할 수 있다.^[1]

1993년 우리나라 연안에서 발생한 서해훼리호의 사고는 귀중한 인명과 막대한 재산손실을 초래하였으며, 이를 계기로 기상 악화 시, 선박전복 가능성에 대한 연구와 실제 운항시의 내항성능 및 운항 안전성 연구가 활발하게 이루어지고 있다.

해양경찰청에서는 우리나라 연안 해역에서의 기상 악화로 인한 여객선 해양사고의 발생을 미연에 방지하기 위한 수단으로 해양경찰청 고시 제1999-53호인 「여객선안전관리지침」을 근거로 하여 여객선의 출항통제 기준을 설정하여 운영하고 있다. 이 지침에는 기상 상태에 따른 여객선의 출항통제 기준이 명시되어 있으며, 이 기준에 따라 연안 및

국제항해 운항 여객선의 출항 가부를 결정하여 안전 운항 관리를 하고 있다.^[2]

그러나, 여객선 출항통제 기준이 보다 현실성 있는 새로운 기준으로 조정되어야 한다는 지적과 선박 항행구역의 합리적 조정을 위한 과학적인 연구 검토의 필요성이 제기되고 있다. 따라서, 본 연구에서는 우리나라의 각 항로에 취항하고 있는 대표적인 여객선형에 대해 내항성능을 계산하여 여객선의 항해 안전성을 평가 하고자 한다.

한국 연안의 기상예보가 항로별로 국지적으로 보다 세밀하게 이뤄지고 출항통제 기준에 적용되는 모든 선박들에 대하여 선형특성을 데이터 베이스 한다면, 기상 악화 시, 해당 선박에 대하여 그 당시의 기상을 입력하여 내항성능 및 운항 안전성을 평가한 후 출항 여부를 결정함으로써, 보다 합리적으로 선박의 안전을 확보할 수 있으리라 판단된다.

또한 어떠한 여객선을 임의 항로에 투입하고자 할 때, 해당항로의 평균적인 기상정보를 평가시스템에 입력하여 해당항로에 투입할 선박의 운동특성을 파악함으로써, 선박의 초기설계에도 본 연구를 활용할 수 있을 것이다.

1.2 연구내용과 연구방법

이 연구는 한국 연안의 각 항로에 취항하고 있는 대표적인 선형의 여객선들을 대상으로, 육상에서 제공되는 해당 해역의 기상정보를 입력하여 각 선형별로 선체운동 계산, 내항성능을 분석하여, 선박의 안전성을 평가하였다.

제1장은 서론으로 연구의 배경 및 목적, 연구 내용과 방법에 관하여

기술하였다.

제2장에서는 선박의 안전운항과 가장 밀접한 관련을 갖는 바람과 파랑을 주요 해역별로 비교·분석하였다. 여기서, 주요해역은 주로 평수구역(제4구~11구)을 시뮬레이션 대상으로 하였다.

제3장에서는 기상정보를 입력요소로 한 선체운동 및 내항성능 계산과 평가에 관하여 기술하였다. 과량중을 항해하는 선박의 내항성능 평가요소를 시스템적으로 분석하여 직렬 시스템을 밝히고, 내항성능 평가요소에 대한 한계치와 그 한계발생확률을 바탕으로 내항성능의 평가치와 위험도를 정의하였다.

제4장에서는 주요해역을 항행하는 대표적인 선형의 여객선들에 대하여 주어진 기상 하에서 시뮬레이션을 실시하여 여객선의 항해 안전성을 평가하였다.

제5장에서는 시뮬레이션 평가 결과로부터 얻어진 결론과 추후 연구 방향을 기술하였다.

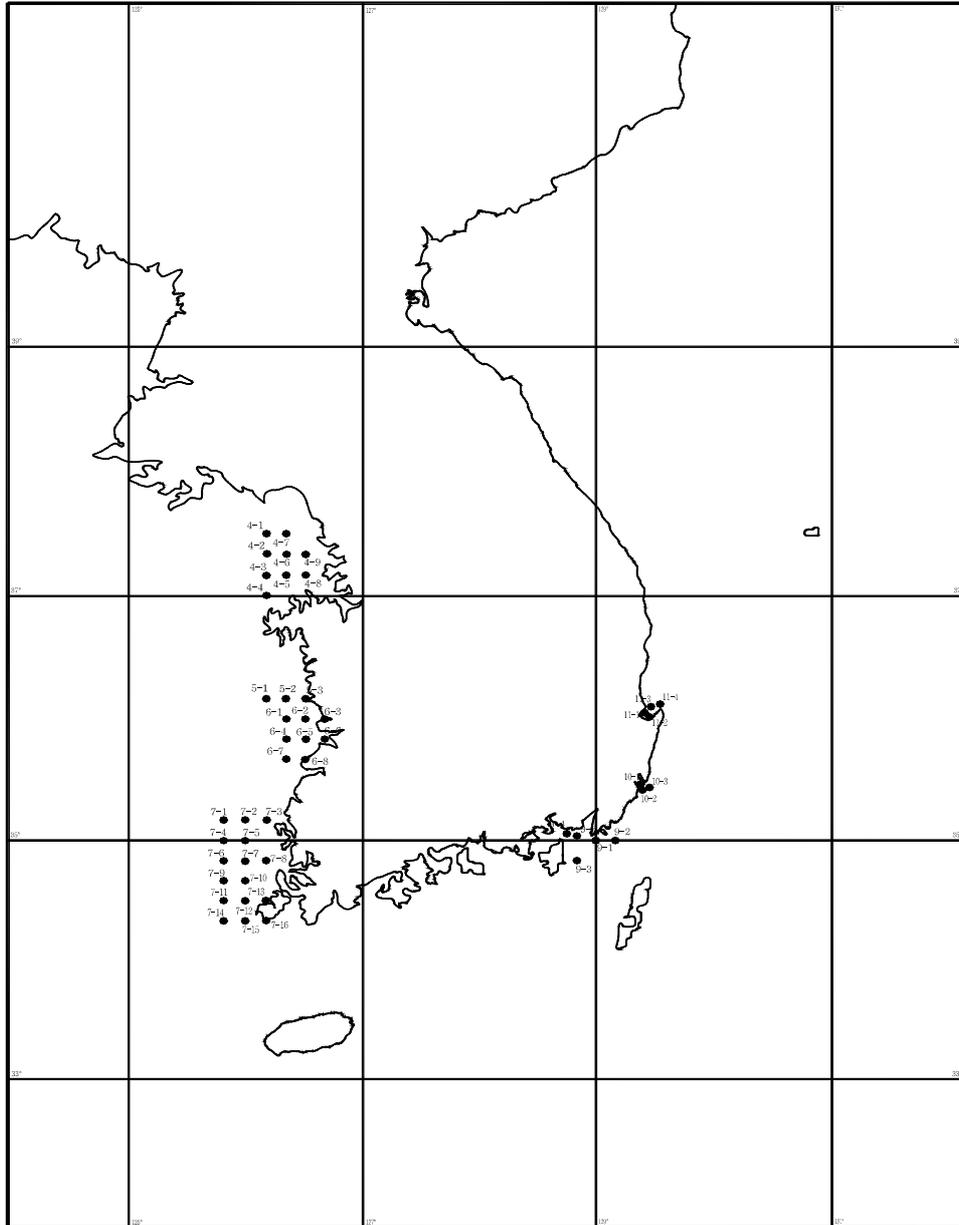
제 2 장 한국 연안의 기상정보

이 장에서는 선박의 안전운항과 가장 밀접한 관련을 갖는 바람과 파랑을 주요 해역별로 비교·분석하였다. 여기서, 주요 해역은 주로 평수구역과 주변해역을 말하며, 그 중에서 북한지역을 제외한 8개의 평수구역(4구~11구)을 시뮬레이션 대상으로 하였다.

우리나라의 항행구역은 선박안전법(1961년 12월 30일 공포, 법률 제 919호) 시행령 제20조 제2호 및 동법 시행규칙 제 26조에서 규정하고 있으며, 여기에는 평수구역, 연해구역, 근해구역 및 원양구역 등 4개의 구역으로 분류되어 있다. 이러한 항행구역 제도는 선박의 항행 범위를 한정하여 감항능력(seaworthiness)을 유지함으로써 선박 항행상의 안전을 확보하는데 그 목적을 두고 있다.

이 장에서 주로 사용되어진 기상자료 중, 바람의 경우는 5년간(1995-1999년)의 지상관측자료와 AWS(Automatic Weather Station: 자동기상관측소)자료이다. 파랑과 관련된 정보는 모델을 이용하여 산출한 10년간(1986-1995년)의 연안격자점자료와 20년간(1979-1998년)의 천해파랑자료이다.

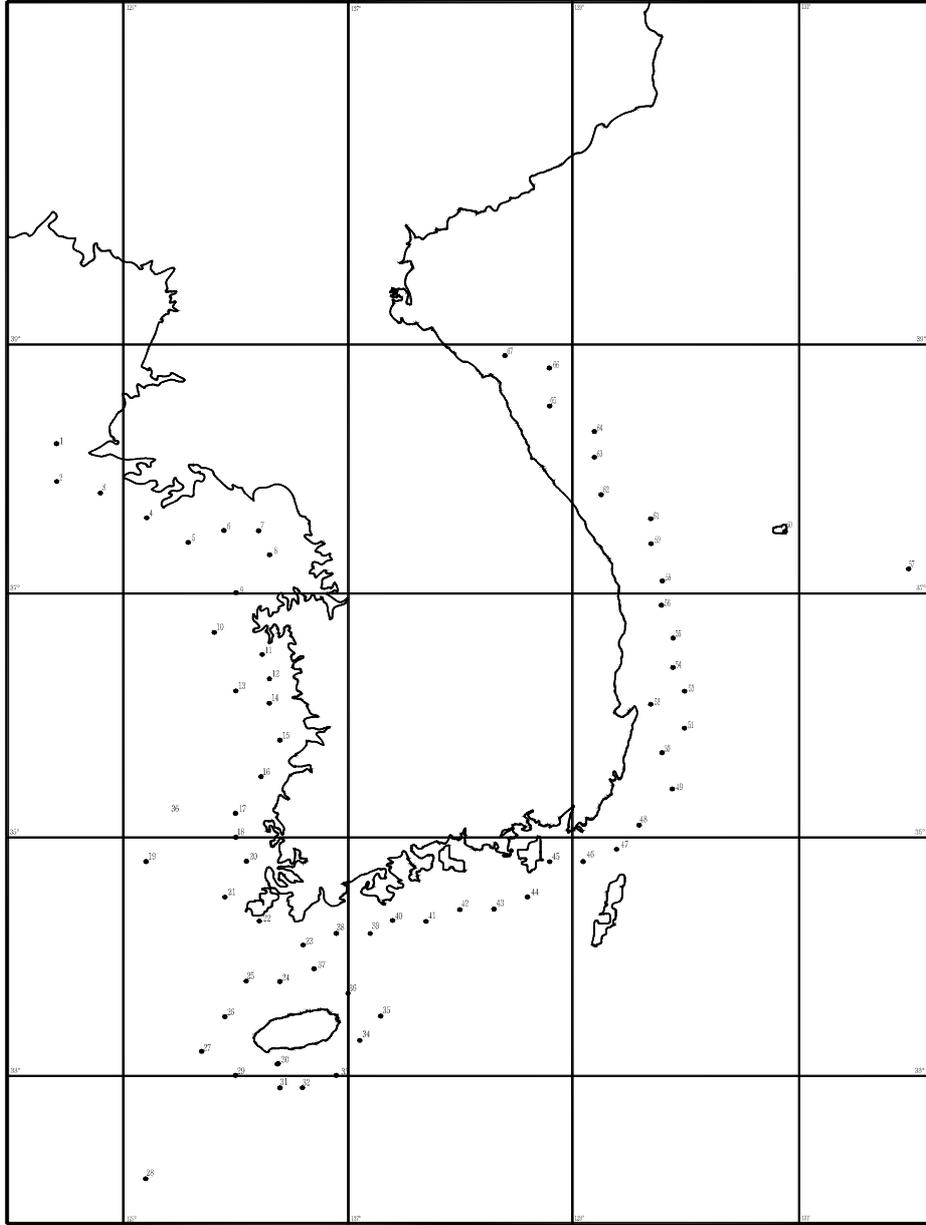
바람과 관련한 지상관측자료와 AWS자료는 기상청, 파랑의 연안격자점자료와 천해파랑자료는 각각 해운항만청과 한국해양연구소 출처의 자료이다.^{[3],[20]-[23]}



<그림 2-1> 파고를 구한 구역별 지점의 위치

번호	Station	위도, 경도	번호	Station	위도, 경도	번호	Station	위도, 경도
1	2420	38.2, 124.4	24	2639	33.8, 126.4	47	3737	34.9, 129.4
2	2421	37.9, 124.4	25	2539	33.8, 126.1	48	3836	35.1, 129.6
3	2522	37.8, 124.8	26	2440	33.5, 125.9	49	3935	35.4, 129.9
4	2623	37.6, 125.2	27	2341	33.2, 125.7	50	3934	35.7, 129.8
5	2724	37.4, 125.6	28	2045	32.1, 125.2	51	4033	35.9, 130.0
6	2824	37.5, 125.9	29	2442	33.0, 126.0	52	3932	36.1, 129.7
7	2924	37.5, 126.2	30	2542	33.1, 126.3	53	4032	36.2, 130.0
8	2925	37.3, 126.3	31	2543	32.9, 126.4	54	4031	36.4, 129.9
9	2826	37.0, 126.0	32	2643	32.9, 126.6	55	4030	36.7, 129.9
10	2727	36.7, 125.8	33	2743	33.0, 126.9	56	4029	36.9, 129.8
11	2828	36.5, 126.2	34	2842	33.3, 127.1	57	4729	37.2, 132.0
12	2829	36.3, 126.3	35	2941	33.5, 127.3	58	4028	37.1, 129.8
13	2729	36.2, 126.0	36	2840	33.7, 127.0	59	4027	37.4, 129.7
14	2830	36.1, 126.3	37	2739	33.9, 126.7	60	4427	37.5, 130.9
15	2831	35.8, 126.4	38	2838	34.2, 126.9	61	4026	37.6, 129.7
16	2732	35.5, 126.2	39	2938	34.2, 127.2	62	3925	37.8, 129.3
17	2633	35.2, 126.0	40	3038	34.3, 127.4	63	3924	38.1, 129.2
18	2634	35.0, 126.0	41	3138	34.3, 127.7	64	3923	38.3, 129.2
19	2334	34.8, 125.2	42	3238	34.4, 128.0	65	3822	38.5, 128.8
20	2635	34.8, 126.1	43	3338	34.4, 128.3	66	3821	38.8, 128.8
21	2536	34.5, 125.9	44	3438	34.5, 128.6	67	3720	38.9, 128.4
22	2637	34.3, 126.2	45	3537	34.8, 128.8			
23	2738	34.1, 126.6	46	3637	34.8, 129.1			

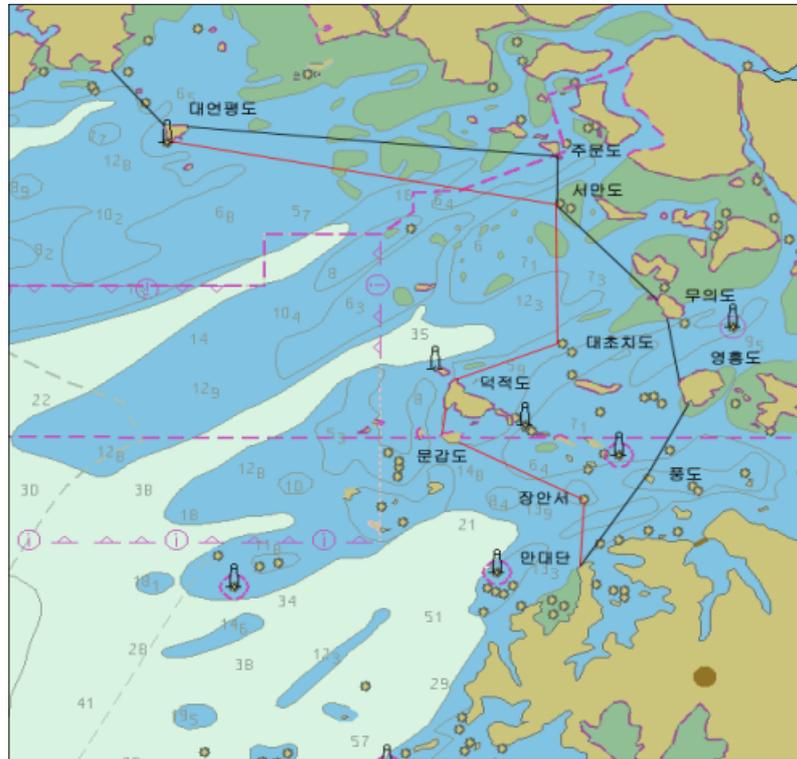
<표 2-1> 연안격자점의 위치(위도: 북위, 경도: 동경)



<그림 2-2> 연안격자점의 위치

2.1 평수구역 제4구와 그 부근의 연해주역

평수구역 제4구는 황해도 옹진군 독순항으로부터 경기도 옹진군 대연평도 북단, 강화군 주문도, 옹진군 서만도, 대무의도, 영흥도 및 풍도를 지나 충청남도 태안군 만대단에 이르는 선 안의 해역을 말한다.



<그림 2-3> 평수구역 제4구

2.1.1 바람

<표 2-2>는 평수구역 제4구 내에 위치해 있는 지상관측지점과 AWS에서 관측한 바람의 계절별 평균풍속을 나타낸 것이다. 전체지점을 통하여 평수구역 내 봄철의 평균풍속은 1.7-3.1m/s, 여름철의 평균풍속은 1.8-2.8m/s, 가을철의 평균풍속은 1.0-2.7m/s, 겨울철의 평균풍속은 1.6-3.4m/s 이고, 전기간의 평균풍속은 1.6-2.6m/s 정도이다. 이러한 평균풍속의 분포는 Beaufort Scale of Wind Force 2이하의 상태로 평수구역의 전형적인 모습이라고 할 수 있다. 계절별로 보았을 때 평균풍속이 가장 강한 시기는 겨울, 봄, 여름, 가을의 순서이고, 지역별로 보았을 때는 평수구역 제4구의 북부에 위치해 있는 인천과 교동이 다른 관측지점보다 강한 평균풍속을 나타낸다.

계절 지점	봄	여름	가을	겨울	전기간
강 화	1.7	1.8	1.4	1.6	1.6
인 천	3.0	2.1	2.0	3.4	2.6
교 동	3.1	2.8	2.3	2.2	2.6
장봉도	2.4	2.1	2.7	2.8	2.5
영중도	2.8	2.7	2.2	2.3	2.5
용유도	2.6	1.8	1.0	2.3	1.9
대부도	2.6	2.2	2.4	2.5	2.4

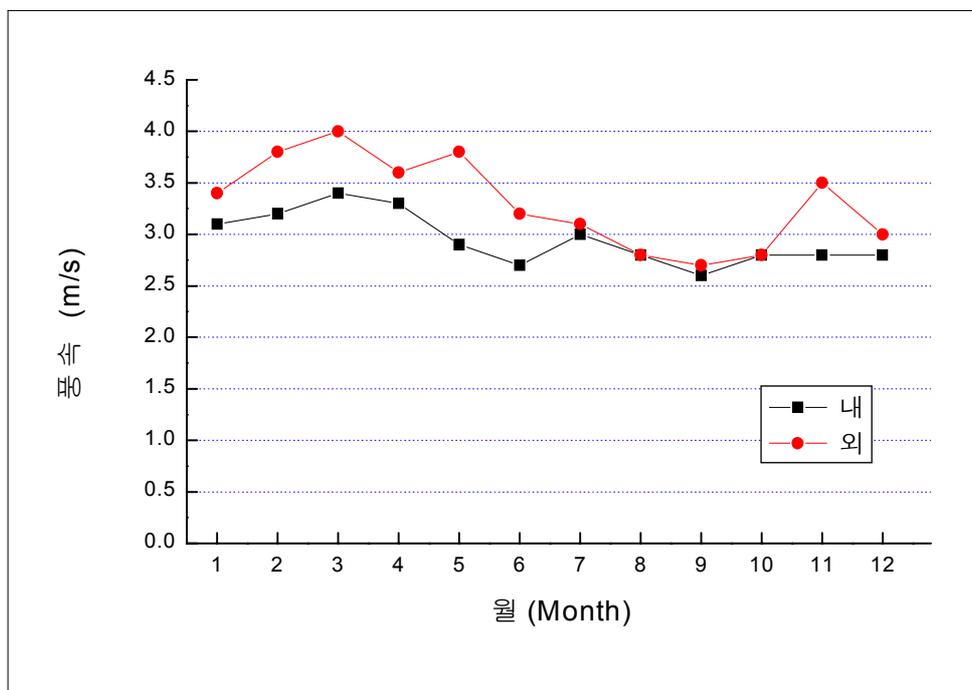
<표 2-2> 평수구역 제4구 내 관측지점의 평균풍속(m/s)

계절 지점	봄	여름	가을	겨울	전기간
대연평도	2.3	2.1	2.0	2.3	2.2
덕적도	3.9	3.1	3.0	3.3	3.3

<표 2-3> 평수구역 제4구 외 관측지점의 평균풍속(m/s)

<표 2-3>는 평수구역 제4구 외에 위치한 섬인 대연평도와 덕적도에 설치된 AWS에서 관측한 바람의 계절별 평균풍속을 나타낸 것이다. 두 지점에 있어서 봄철의 평균풍속은 2.3-3.9m/s, 여름철의 평균풍속은 2.1-3.1m/s, 가을철의 평균풍속은 2.0-3.0m/s, 겨울철의 평균풍속은 2.3-3.3m/s의 분포를 나타낸다. 계절별로 평균풍속의 세기를 살펴보면, 평균풍속은 겨울과 봄에 강하고, 여름과 가을에 상대적으로 약하다는 것을 알 수 있다. 이는 평수구역 내 관측지점에 있어서의 계절변화와 유사한 점으로, 동절기에 주로 북서풍계의 계절풍 영향을 크게 받기 때문이라 생각된다.

<그림 2-4>은 평수구역 제4구 내·외 관측지점의 평균풍속을 월별로 나타낸 것으로, 내 지점과 외 지점으로 구분하여 여러 지점 중 해당되는 달(Month)에서 가장 강한 평균풍속을 나타낸 것이다. <그림 2-4>에서 보듯이 평수구역 제4구는 관측지점을 내·외로 구분해서 볼 때 외측에서 평균풍속이 강하다는 것을 알 수 있다.



<그림 2-4> 평수구역 제4구 내·외 관측지점의 평균풍속(m/s)

2.1.2 파랑

<표 2-4>, <표 2-5>와 <그림 2-5>는 지난 10년간(1986-1995년)의 천해파랑자료를 이용하여 구한 평수구역 제4구 내·외에 위치한 관측지점들의 계절별·월별 평균유의파고를 나타낸 것이며, 각 관측지점의 위치는 다음과 같다.(<그림 2-1>참조)

4-1 : 37°30' N, 126°10' E	4-2 : 37°20' N, 126°10' E
4-3 : 37°10' N, 126°10' E	4-4 : 37°00' N, 126°10' E
4-5 : 37°10' N, 126°20' E	4-6 : 37°20' N, 126°20' E
4-7 : 37°30' N, 126°20' E	4-8 : 37°10' N, 126°30' E
4-9 : 37°20' N, 126°30' E	

<표 2-4>은 평수구역 내에 위치해 있는 관측지점들의 계절별 평균유의파고를 나타낸 것이다. 봄철 평균유의파고는 0.2-0.4m, 여름철의 평균유의파고는 0.1-0.3m, 가을철의 평균유의파고는 0.2-0.6m, 겨울철의 평균유의파고는 0.3-0.9m의 분포를 보여 그다지 높지 않은 파고의 분포를 나타낸다. 계절별로 보았을 때 평균유의파고가 가장 높은 시기는 겨울, 가을, 봄, 여름의 순서이고, 지역별로 보았을 때는 장봉도 근처의 4-7지점이 대부도 근처의 4-8지점 및 팔미도 근처의 4-9지점보다 더 높은 평균유의파고의 분포를 나타내고 큰 월변화를 보이고 있다.

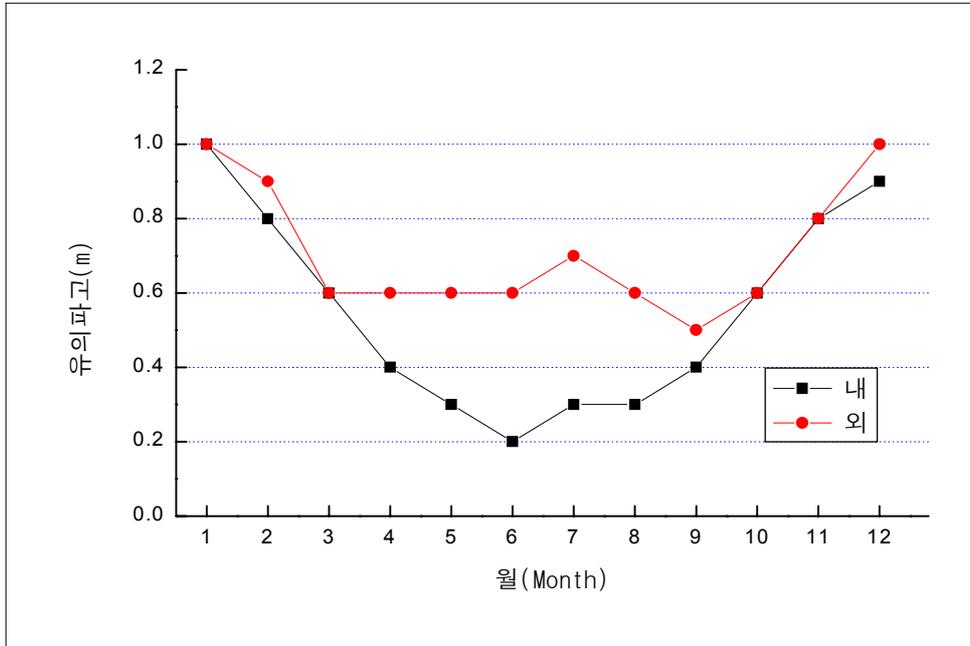
계절 지점	봄	여름	가을	겨울	전기간
4-7	0.4	0.3	0.6	0.9	0.6
4-8	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3
4-9	0.2	0.1	0.2	0.3	0.2

<표 2-4> 평수구역 제4구 내 관측지점의 평균유의파고(m)

<표 2-5>은 평수구역 외에 위치해 있는 관측지점들의 평균유의파고로서, 봄철 평균유의파고는 0.3-0.6m, 여름철 평균유의파고는 0.2-0.6m, 가을철 평균유의파고는 0.3-0.6m 그리고 겨울철 평균유의파고는 0.4-1.0m의 분포를 나타내고 있다. 계절별로 보았을 때 평균유의파고는 겨울에 가장 높고 그 다음은 가을, 봄, 여름 순서이고, 지역별로 보았을 때는 장봉도 서쪽 외해의 4-1 지점이 가장 높은 평균유의파고의 분포를 보인다. 4계절 전기간으로 보면 0.4-0.7m의 분포를 보여 평수구역 내에 위치해 있는 지점들보다 약간 높다.

계절 지점	봄	여름	가을	겨울	전기간
4-1	0.5	0.4	0.6	1.0	0.7
4-2	0.5	0.4	0.5	0.8	0.6
4-3	0.5	0.6	0.4	0.5	0.5
4-4	0.6	0.6	0.6	0.8	0.7
4-5	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4
4-6	0.3	0.2	0.4	0.6	0.4

<표 2-5> 평수구역 제4구 외 관측지점의 평균유의파고(m)

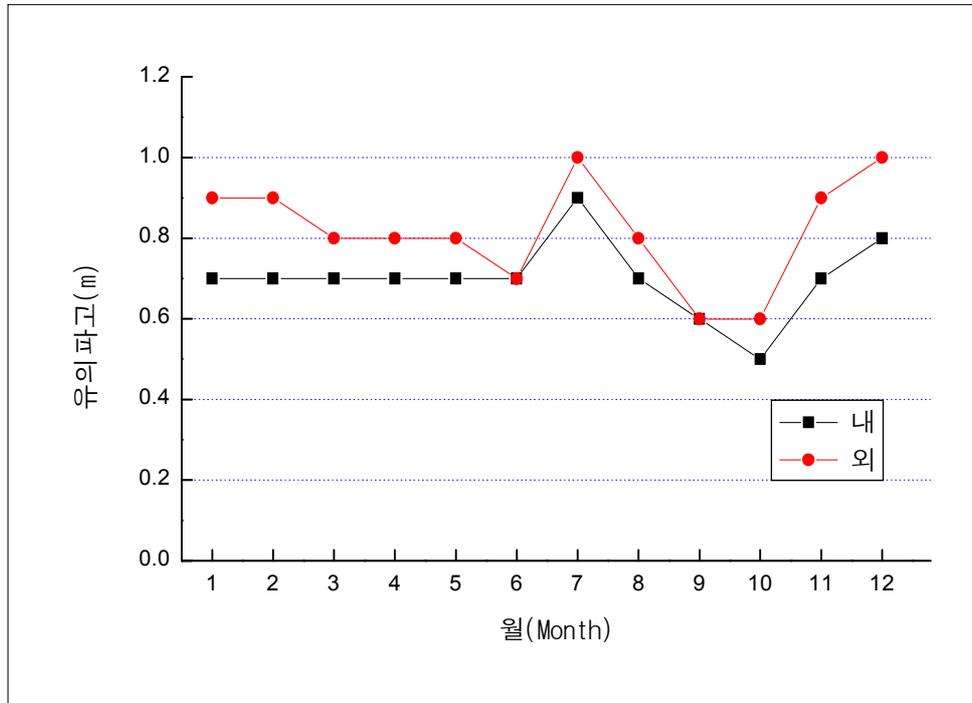


<그림 2-5> 평수구역 제4구 내·외 관측지점의 평균유의파고

<그림 2-5>은 평수구역 제4구 내·외 관측지점의 평균유의파고를 월별로 나타낸 것으로, 내 지점과 외 지점으로 구분하여 여러 지점 중 해당되는 달(Month)에서 가장 높은 평균유의파고를 나타낸 것이다. <그림 2-5>에서 보듯이 평수구역 제4구는 관측지점을 내·외로 구분해서 볼 때 외측에서 평균유의파고가 높고, 동절기에 상대적으로 파고가 높은 것은 북서계절풍의 영향이라 생각된다.

계절 번호	봄	여름	가을	겨울	전기간
1	0.9	0.8	0.9	1.2	1.0
2	0.9	0.8	0.8	1.2	0.9
3	0.9	0.8	0.8	1.2	0.9
4	0.8	0.8	0.8	1.0	0.9
5	0.8	0.8	0.7	0.9	0.8
6	0.7	0.8	0.7	0.7	0.7
7	0.6	0.8	0.5	0.6	0.6
8	0.6	0.7	0.6	0.7	0.7
9	0.7	0.8	0.7	0.9	0.8
10	0.8	0.8	0.8	1.1	0.9
11	0.7	0.7	0.7	1.0	0.8
12	0.7	0.7	0.7	1.0	0.8
13	0.8	0.8	0.8	1.2	0.9
14	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
15	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
16	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8
17	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
18	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
19	1.1	1.0	1.1	1.1	1.1
20	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
21	1.1	0.9	1.1	1.1	1.1
22	1.0	0.9	1.0	1.0	1.0

<표 2-6> 서해 연안격자점에 있어서의 평균유의파고(m)



<그림 2-6> 평수구역 제4구 내·외 지점의 평균유의파고(m)

<그림 2-6>는 연안격자점 중 평수구역 제4구 부근에 위치해 있는 5~9 지점의 평균유의파고를 정리한 것이다. 그 중에서 6, 7지점은 평수구역 내이고, 5, 8, 9지점은 평수구역 외에 위치한다.

먼저 평수구역 내에 위치해 있는 격자점에 있어서의 전기간의 평균유의파고는 0.6-0.7m의 분포를 보이고, 평수구역 외에 위치해 있는 격자점에 있어서의 전기간의 평균유의파고는 0.7-0.8m의 분포를 보여, 평수구역 외에 있어서의 평균유의파고가 평수구역 내에 있어서의 평균유의파고보다 약간 높음을 알 수 있다.

2.2 평수구역 제5구와 그 부근의 연해주역

평수구역 제5구는 충청남도 보령시 장고도 서단으로부터 진방위 351도로 그은 선 및 동도 남단에서 삼시도를 지나 갑암에 이르는 선 안의 해역을 말한다.



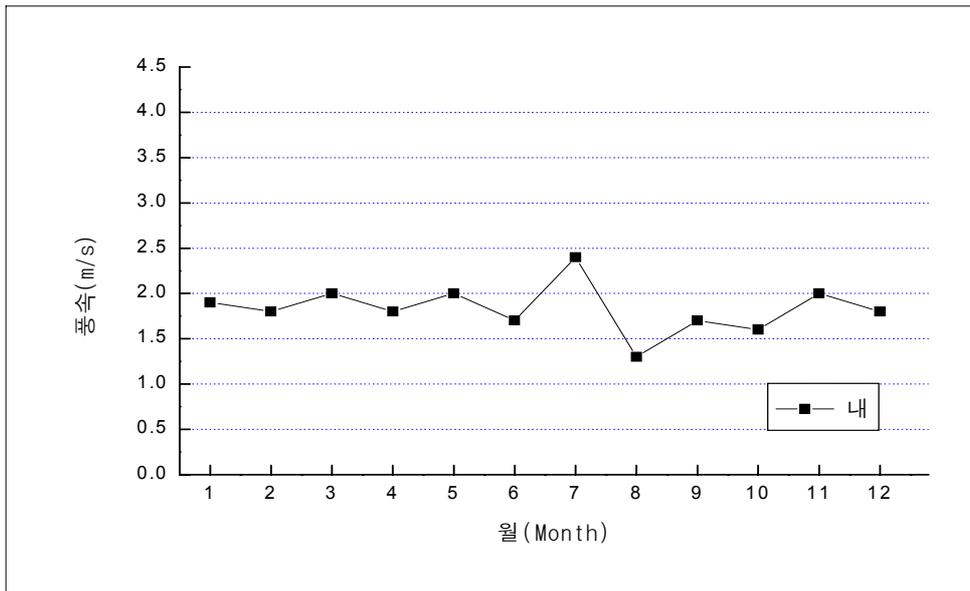
<그림 2-7> 평수구역 제5구

2.2.1 바람

<표 2-7>와 <그림 2-8>는 평수구역 제5구 내에 위치해 있는 보령에 있어서의 평균풍속을 나타낸다. 계절별 평균풍속을 보면 봄 1.9m/s, 여름 2.0m/s, 가을 1.8m/s, 겨울 1.6m/s의 분포를 보여 뚜렷한 계절변화를 볼 수 없다.

계절 지점	봄	여름	가을	겨울	전기간
보령	1.9	2.0	1.8	1.6	1.8

<표 2-7> 평수구역 제5구 내 관측지점의 평균풍속(m/s)



<그림 2-8> 평수구역 제5구 내 관측지점의 평균풍속(m/s)

2.2.2 파랑

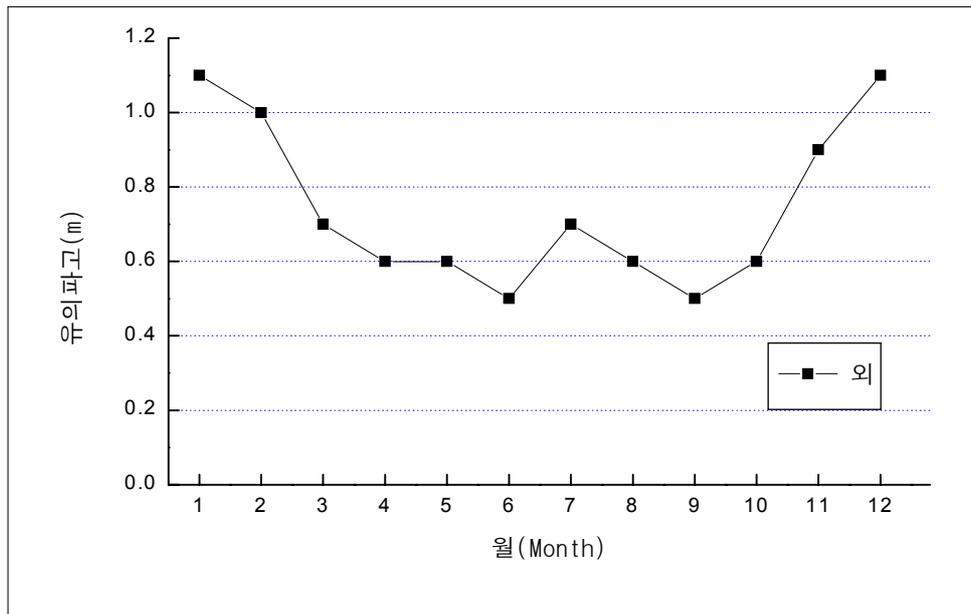
<표 2-8>와 <그림 2-9>는 평수구역 제5구 외에 위치하고 있는 지점의 평균유의파고를 나타내며, 각 지점의 위치는 다음과 같다.

5-1 : 36°10' N, 126°10' E 5-2 : 36°10' N, 126°20' E

5-3 : 36°10' N, 126°30' E

계절 지점	봄	여름	가을	겨울	전기간
5-1	0.7	0.7	0.7	1.1	0.8
5-2	0.6	0.5	0.7	1.1	0.7
5-3	0.5	0.3	0.6	0.9	0.6

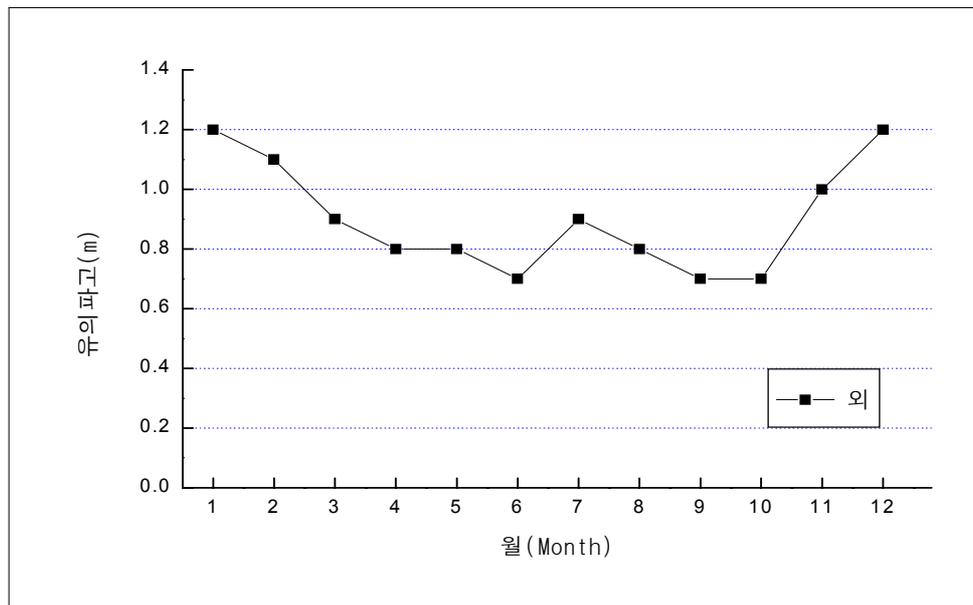
<표 2-8> 평수구역 제5구 외 관측지점의 평균유의파고(m)



<그림 2-9> 평수구역 제5구 외 관측지점의 평균유의파고(m)

평수구역 외에 위치하고 있는 세 지점의 봄철 평균유의를파고는 0.5-0.7m, 여름철의 평균유의를파고는 0.3-0.7m, 가을철의 평균유의를파고는 0.6-0.7m, 겨울철의 평균유의를파고는 0.9-1.1m 그리고 전기간의 평균유의를파고는 0.6-0.8m의 분포를 보여 Beaufort Scale of Wind Force 3-4에 해당하는 상태로 통상의 평수구역보다 높은 파고의 분포를 보인다고 말할 수 있다.

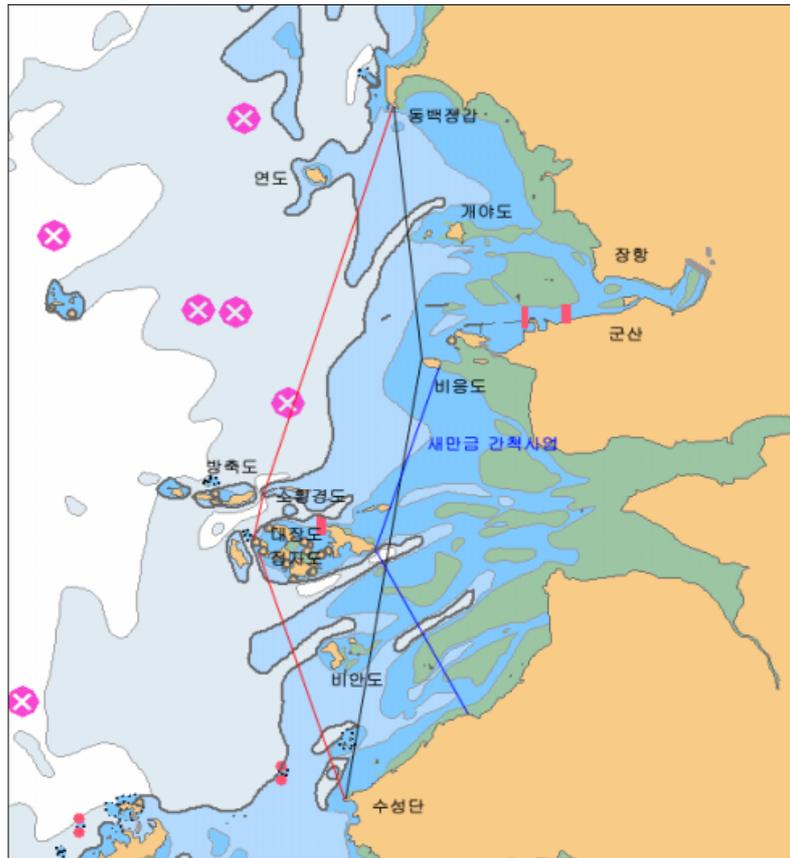
<표 2-6>의 서해 연안격자점 중에서 평수구역 제5구 부근에 위치해 있는 지점은 11, 12 지점이다. 이들 세 지점의 평균유의를파고는 <표 2-6>과 <그림 2-10>에서 보듯이 거의 Beaufort Scale of Wind Force 4에 해당하는 파고의 분포를 보이며, 계절별로는 겨울철이 가장 높은 파고를 보인다.



<그림 2-10> 평수구역 제5구 외 관측지점의 평균유의를파고(m)

2.3 평수구역 제6구와 그 부근의 연해구역

평수구역 제6구는 충청남도 서천군 동백정갑으로부터 전라북도 군산시 비응도를 지나 부안군 수성단에 이르는 선 안의 해역을 말한다.



<그림 2-11> 평수구역 제6구

2.3.1 바람

<표 2-9>는 평수구역 제6구 내에 위치해 있는 군산에 있어서의 계절별 평균풍속을 나타낸 것이다. 봄 3.9m/s, 여름 3.1m/s, 가을 3.2m/s 그리고 겨울철은 3.4m/s로 큰 변화를 볼 수 없다. 군산 지역에 있어서의 계절별 평균풍속은 Beaufort Scale of Wind Force 2에 해당하는 값으로 평수구역의 전형적인 풍속이라고 할 수 있다.

계절 지점	봄	여름	가을	겨울	전기간
군산	3.9	3.1	3.2	3.4	3.4

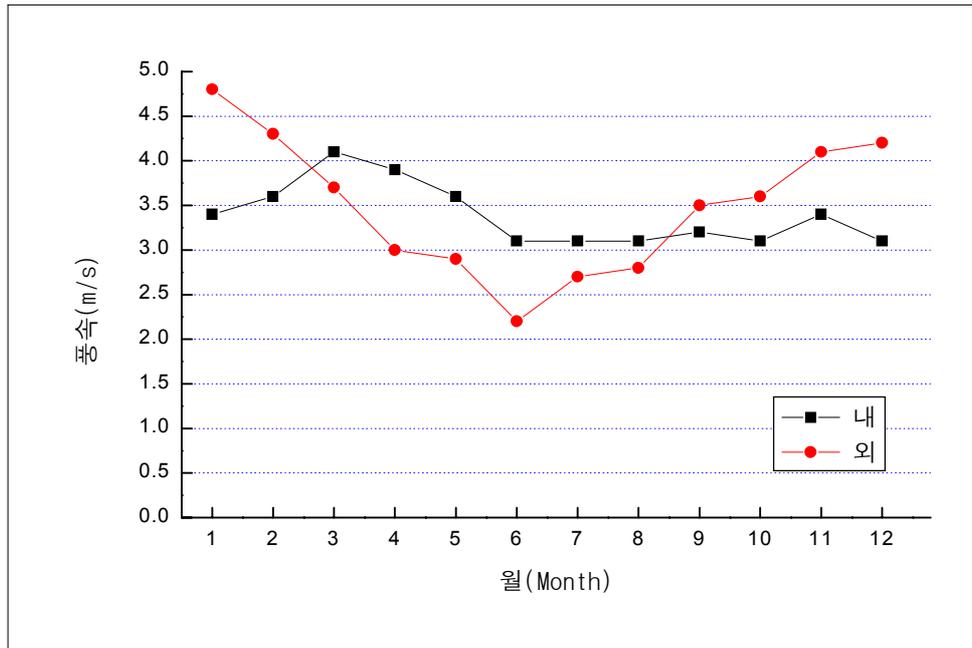
<표 2-9> 평수구역 제6구 내 관측지점의 평균풍속(m/s)

<표 2-10>는 평수구역 제6구 외에 위치하는 섬의 AWS에서 관측한 평균풍속이다. 봄철 2.1-3.1m/s, 여름 1.6-2.5m/s, 가을 2.4-3.8m/s 그리고 겨울철의 평균풍속은 2.8-4.4m/s의 분포를 보여, 겨울을 제외하면 평수구역의 기준에 거의 해당하는 기상상태를 보인다고 말할 수 있다.

계절 지점	봄	여름	가을	겨울	전기간
어청도	2.5	2.2	2.6	3.2	2.6
선유도	3.1	2.5	3.8	4.4	3.5
위 도	2.1	1.6	2.4	2.8	2.2

<표 2-10> 평수구역 제6구 외 관측지점의 평균풍속(m/s)

<그림 2-12>은 평수구역 제6구 내·외 관측지점의 평균풍속을 월별로 나타낸 것으로, 내 지점과 외 지점으로 구분하여 여러 지점중 해당되는 달(Month)에서 가장 강한 평균풍속을 나타낸 것이다.



<그림 2-12> 평수구역 제6구 내·외 관측지점의 평균풍속(m/s)

2.3.2 파랑

<표 2-11>, <표 2-12>와 <그림 2-13>은 평수구역 제6구 내·외에 위치한 관측지점들의 계절별·월별 평균유의파고를 보이며, 각 관측지점의 위치는 다음과 같다.

6-1 : 36°00' N, 126°20' E	6-2 : 36°00' N, 126°30' E
6-3 : 36°00' N, 126°40' E	6-4 : 35°50' N, 126°20' E

6-5 : 35°50 ' N, 126°30 ' E 6-6 : 35°50 ' N, 126°40 ' E
 6-7 : 35°40 ' N, 126°20 ' E 6-8 : 35°40 ' N, 126°30 ' E

계절 지점	계절				
	봄	여름	가을	겨울	전기간
6-3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6-6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6-8	0.3	0.3	0.3	0.5	0.4

<표 2-11> 평수구역 제6구 내 관측지점의 평균유의파고(m)

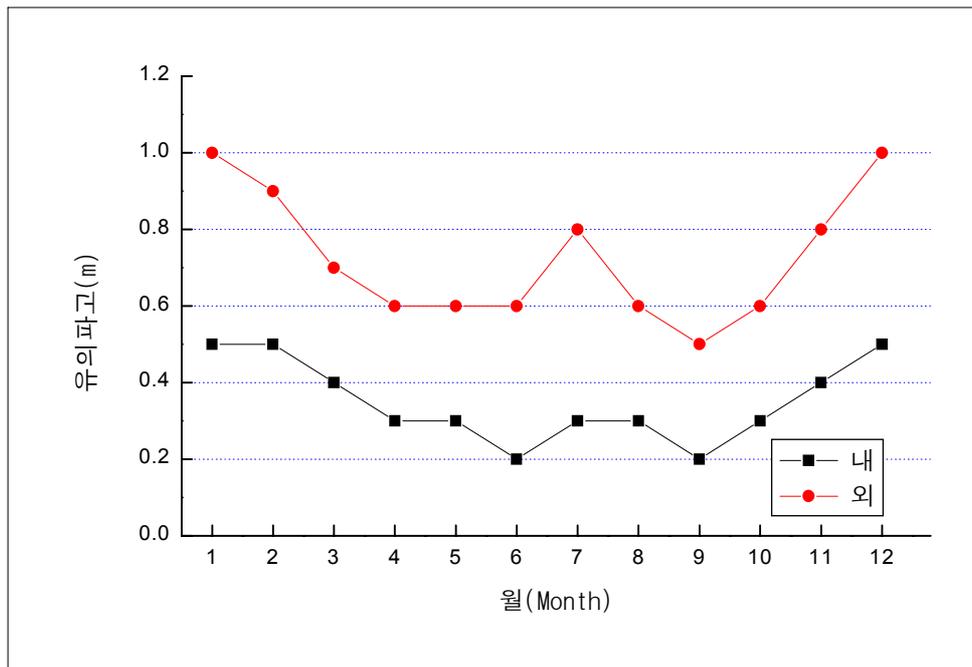
계절 지점	계절				
	봄	여름	가을	겨울	전기간
6-1	0.6	0.5	0.6	1.0	0.7
6-2	0.4	0.3	0.5	0.7	0.5
6-4	0.5	0.5	0.5	0.7	0.6
6-5	0.2	0.9	0.2	0.3	0.4
6-7	0.6	0.6	0.6	0.9	0.7

<표 2-12> 평수구역 제6구 외 관측지점의 평균유의파고(m)

<표 2-11>에서 알 수 있듯이 평수구역 내에 위치한 세 지점의 봄철 평균유의파고는 0.0-0.3m, 여름철의 평균유의파고는 0.0-0.3m, 가을철의 평균유의파고는 0.0-0.3m 그리고 겨울철의 평균유의파고는 0.0-0.5m이다.

<표 2-12>을 보면, 평수구역 외에 위치해 있는 지점들의 봄철유의파고는 0.2-0.6m, 여름철의 평균유의파고는 0.3-0.9m, 가을철의 평균유의

파고는 0.2-0.6m 그리고 겨울철의 평균유의파고는 0.3-1.0m이다. 계절별로 보았을 때 평균유의파고가 가장 높은 시기는 겨울, 여름, 가을, 봄의 순서이고, 지점별로 보았을 때는 십이동파도의 동쪽에 위치해 있는 6-1 지점과 위도의 북동쪽에 위치한 6-7지점이 다른 지점보다 더 높은 평균유의파고의 분포를 보인다. 사계절 전체로 보면 평수구역 안의 경우는 0.0-0.4m, 평수구역 밖의 경우는 0.4-0.7m의 분포를 보여 어느 정도의 차이를 보인다. 평수구역 내의 파고는 Beaufort Scale of Wind Force 2-3에 해당되며, 평수구역 외의 파고는 Beaufort Scale of Wind Force 3-4에 해당된다.



<그림 2-13> 평수구역 제6구 내·외 지점의 평균유의파고(m)

2.4 평수구역 제7구와 그 부근의 연해주역

평수구역 제7구는 전라남도 영광군 불갑천구로부터 신안군 재원도, 자은도, 비금도, 신도 및 하태도를 지나 진도군 진도 소포강구에 이르는 선과 진도 동단으로부터 진방위 071도로 그은 선 안의 해역을 말한다.



<그림 2-14> 평수구역 제7구

2.4.1 바람

<표 2-13>은 평수구역 제7구 외에 위치한 섬인 하조도와 흑산도에서 관측한 계절별 평균풍속을 나타낸다. 하조도의 경우, 봄철 3.5m/s, 여름철 3.3m/s, 가을철 3.2m/s 그리고 겨울철의 평균풍속은 4.2m/s의 분포를 나타낸다. 이들 값은 Beaufort Scale of Wind Force 3이하에 해당되는 것으로 하조도는 바람이 그다지 강하지 않다는 것을 알 수 있다. 평수구역 제7구에서 서쪽으로 멀리 떨어진 흑산도의 경우, 봄철 5.9m/s, 여름철 5.0m/s, 가을철 6.1m/s 그리고 겨울철의 평균풍속은 7.7m/s로 전체적으로 Beaufort Scale of Wind Force 4정도의 강한 분포를 나타낸다.

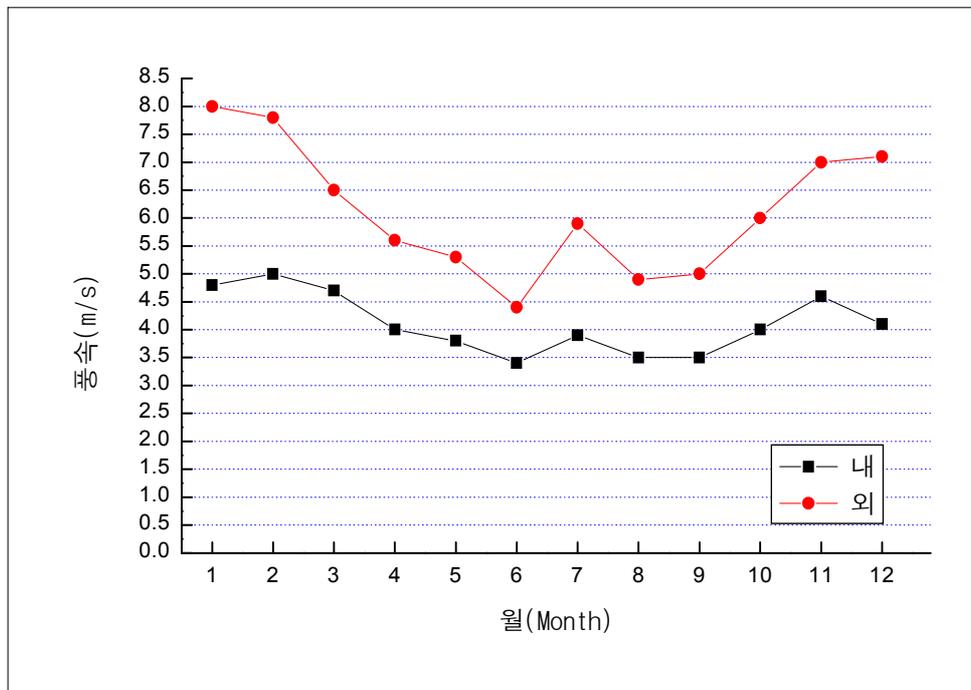
계절 지점	봄	여름	가을	겨울	전기간
하조도	3.5	3.3	3.2	4.2	3.6
흑산도	5.9	5.0	6.1	7.7	6.2

<표 2-13> 평수구역 제7구 외 관측지점의 평균풍속(m/s)

<표 2-14>은 평수구역 제7구 내에 위치한 지점들의 계절별 평균풍속을 나타낸다. 봄철 2.5-4.2m/s, 여름철 1.9-3.6m/s, 가을철 1.8-4.0m/s 그리고 겨울철의 평균풍속은 2.5-4.7m/s의 분포를 나타낸다. 이들 값은 Beaufort Scale of Wind Force 2-3에 해당되는 것으로 전형적인 평수구역이라고 말할 수 있다.

계절 지점	계절				
	봄	여름	가을	겨울	전기간
목 포	4.2	3.6	4.0	4.7	4.1
자은도	3.7	2.5	2.5	4.2	3.2
비 금	2.5	1.9	1.8	2.5	2.2
안 좌	3.2	2.4	2.3	3.5	2.9
하의도	3.3	2.5	2.6	4.2	3.2

<표 2-14> 평수구역 제7구 내 관측지점의 평균풍속(m/s)



<그림 2-15> 평수구역 제7구 내·외 관측지점의 평균풍속(m/s)

<그림 2-15>은 평수구역 제7구 내·외 관측지점의 평균풍속을 월별

로 나타낸 것으로, 내 지점과 외 지점으로 구분하여 여러 지점중 해당 되는 달(Month)에서 가장 강한 평균풍속을 나타낸 것이다.

목포에서는 9월부터 이듬해 4월까지 북풍계열, 5월부터 8월까지는 남풍계열이 탁월하게 나타나고 있다. 즉, 겨울철에는 북서-북풍, 여름철에는 남동-남서풍이 주를 이룬다. 흑산도의 풍계는 지리적 위치에 따라 남풍과 북풍의 탁월성이 뚜렷하게 나타나고 있다. 8월부터 이듬해 4월까지 북풍계열이, 5월부터 8월까지는 남풍계열이 탁월하며, 서풍이나 동풍은 그 빈도가 아주 적게 나타난다.

2.4.2 파랑

<표 2-15>, <표 2-16>와 <그림 2-16>은 평수구역 제7구 내·외에 위치한 관측지점들의 계절별·월별 평균유의파고를 보이며, 각 관측지점의 위치는 다음과 같다.

7-1 : 35°10' N, 125°50' E	7-2 : 35°10' N, 126°00' E
7-3 : 35°10' N, 126°10' E	7-4 : 35°00' N, 125°50' E
7-5 : 35°00' N, 126°00' E	7-6 : 34°50' N, 125°50' E
7-7 : 34°50' N, 126°00' E	7-8 : 34°50' N, 126°10' E
7-9 : 34°40' N, 125°50' E	7-10: 34°40' N, 126°00' E
7-11: 34°30' N, 125°50' E	7-12: 34°30' N, 126°00' E
7-13: 34°30' N, 126°10' E	7-14: 34°20' N, 125°50' E
7-15: 34°20' N, 126°00' E	7-16: 34°20' N, 126°10' E

<표 2-15>에서 보듯이, 평수구역 내에 위치한 지점들의 계절별 평균

유의파고는 봄 0.0-0.4m, 여름 0.0-0.6m, 가을 0.1-0.5m 그리고 겨울의 경우 0.0-0.8m이다. 이들 지점들은 사계절에 걸쳐 그다지 높지 않은 파고의 분포를 나타낸다.

<표 2-16>은 평수구역 외에 위치해 있는 지점들 중 평수구역의 경계선에 가까운 7-12, 7-13 지점의 계절별 평균유의파고로 봄 0.2-0.4m, 여름 0.2-0.5m, 가을 0.2-0.4m 그리고 겨울의 경우 0.3-0.9m로 평수구역 안에 위치해 있는 지점들의 평균유의파고와 거의 비슷한 분포를 나타낸다. 평수구역 외의 진도 남쪽에 위치한 7-16 지점과 하조도 부근의 여러 섬들 사이에 위치하는 7-15 지점의 평균유의파고도 여름철의 0.2m에서 겨울철의 0.6m까지의 분포를 보여 평수구역 내에 있는 지점들의 평균유의파고와 거의 비슷한 분포를 나타낸다. 파고 0.6m는 Beaufort Scale of Wind Force 3에 해당되는 수치이다.

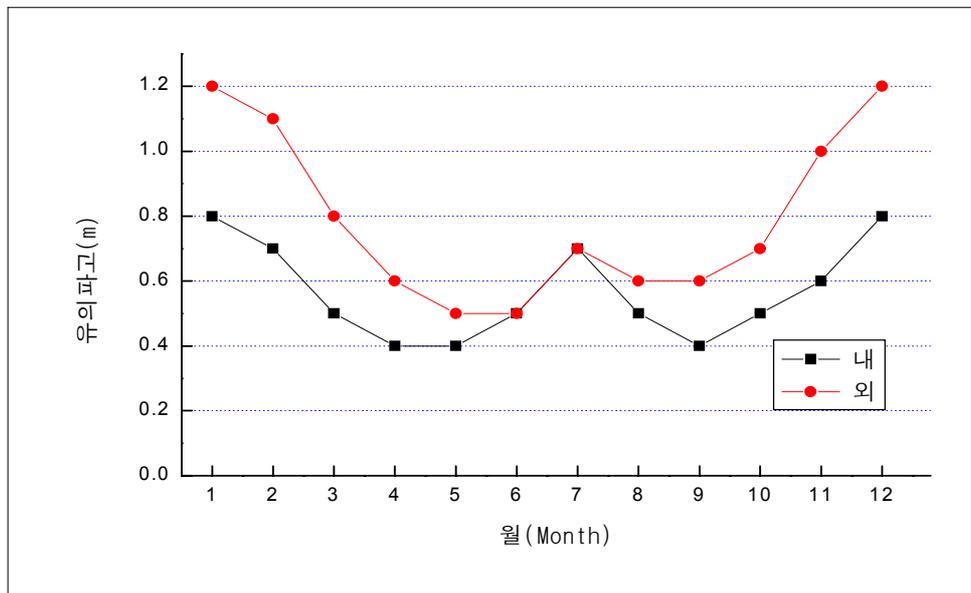
상기 지점을 제외한 평수구역 외의 지점들(7-1, 7-2, 7-4, 7-6, 7-9, 7-11, 7-14지점)의 계절별 평균유의파고는 봄 0.5-1.3m, 여름 0.3-0.5m, 가을 0.5-0.7m 그리고 겨울의 경우 0.7-1.2m로 평수구역 내보다 높은 분포를 나타낸다.

계절 지점	봄	여름	가을	겨울	전기간
7-3	0.4	0.6	0.3	0.4	0.4
7-5	0.4	0.3	0.5	0.8	0.5
7-7	0.3	0.3	0.4	0.6	0.4
7-8	0.0	0.0	0.3	0.0	0.1
7-10	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1

<표 2-16> 평수구역 제7구 내 관측지점의 평균유의파고(m)

계절 지점	봄	여름	가을	겨울	전기간
7-1	0.6	0.5	0.7	1.2	0.8
7-2	1.3	0.3	0.7	1.1	0.9
7-4	0.6	0.5	0.7	1.0	0.7
7-6	0.5	0.5	0.7	0.7	0.8
7-9	0.5	0.5	0.6	1.0	0.7
7-11	0.5	0.5	0.5	0.9	0.6
7-12	0.4	0.5	0.4	0.7	0.5
7-13	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2
7-14	0.5	0.6	0.6	0.9	0.7
7-15	0.3	0.3	0.4	0.6	0.4
7-16	0.3	0.4	0.2	0.3	0.3

<표 2-15> 평수구역 제7구 외 관측지점의 평균유의파고(m)



<그림 2-16> 평수구역 제7구 내·외 관측지점의 평균유의파고(m)

2.5 평수구역 제8구와 그 부근의 연해주역

평수구역 제8구는 전라남도 해남군 해남각으로부터 완도군 흑일도, 생일도, 평일도 및 고흥군 거금도를 지나 망지각에 이르는 선안의 해역을 말한다.



<그림 2-17> 평수구역 제8구

2.5.1 바람

<표 2-17>은 평수구역 제8구 내에 위치해 있는 완도에 있어서의 계절별 평균풍속을 나타낸 것이다. 봄 3.9m/s, 여름 3.4m/s, 가을 3.4m/s 그리고 겨울 4.9m/s의 분포를 보여 Beaufort Scale of Wind Force 3에 해당하는 값으로 평수구역의 전형이라고 말할 수 있다.

계절 지점	봄	여름	가을	겨울	전기간
완 도	3.9	3.4	3.4	4.9	3.9

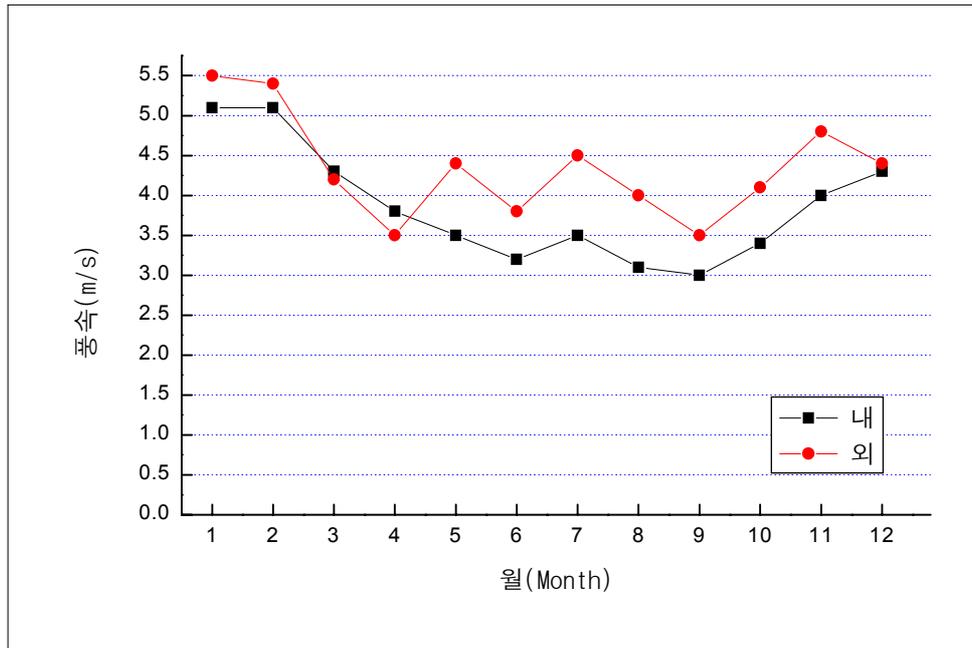
<표 2-17> 평수구역 제8구 내 관측지점의 평균풍속(m/s)

<표 2-18>은 평수구역 제8구 외에 위치하는 섬의 AWS에서 관측한 계절별 평균풍속을 나타낸다. 봄 2.8-3.8m/s, 여름 2.2-3.9m/s, 가을 2.4-4.2m/s 그리고 겨울 2.9-5.0m/s의 분포를 보여 Beaufort Scale of Wind Force 3에 해당하는 경우로 그리 강한 풍속이라고 말할 수 없다.

계절 지점	봄	여름	가을	겨울	전기간
금 일	0.4	0.6	0.3	0.4	0.4
추자도	0.4	0.3	0.5	0.8	0.5
보길도	0.3	0.3	0.4	0.6	0.4
청 산	0.0	0.0	0.3	0.0	0.1

<표 2-18> 평수구역 제8구 외 관측지점의 평균풍속(m/s)

<그림 2-18>에서 보듯이 평수구역 내와 외를 비교해보면 평균풍속은 그다지 큰 차이가 없다는 것을 알 수 있다.

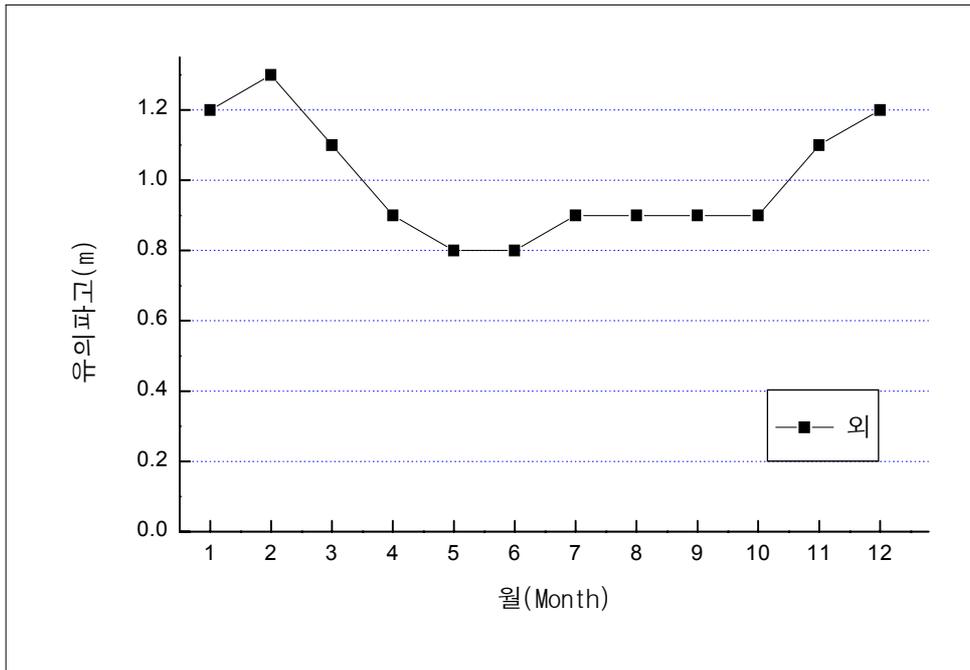


<그림 2-18> 평수구역 제8구 내·외 관측지점의 평균풍속(m/s)

2.5.2 파랑

<표 2-19>은 우리나라 주요 연안격자점 중 남해에 위치해 있는 연안 격자점에 있어서의 평균유의파고를 나타낸 것으로, 평수구역 제8구 부근에 위치해 있는 지점은 23으로 평수구역 외의 자개도 근처이다. <표 2-19>와 <그림 2-19>에서 알 수 있듯이, 봄철 평균유의파고는 1.0m,

여름 0.9m, 가을1.0m, 겨울 1.3m 그리고 전기간 1.1m로 Beaufort Scale of Wind Force 4 이상에 상당하는 해상상태이다.



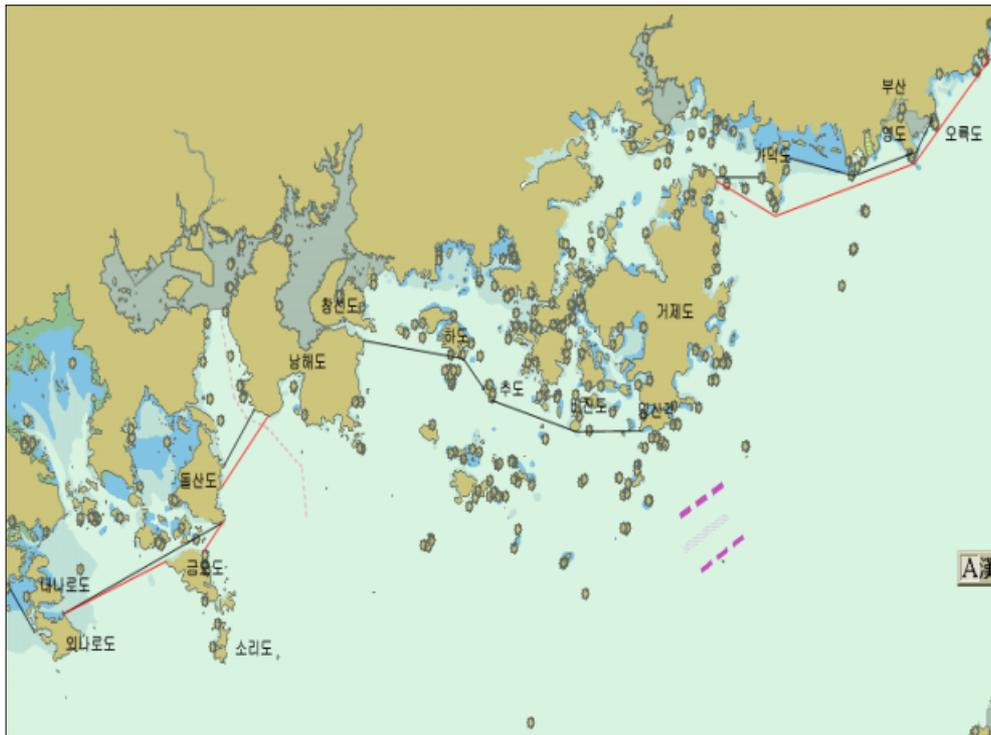
<그림 2-19> 평수구역 제8구 외 관측지점의 평균유의파고(m)

계절 번호	봄	여름	가을	겨울	전기간
23	1.0	0.9	1.0	1.3	1.1
24	1.0	0.9	1.1	1.5	1.1
25	1.1	1.0	1.2	1.6	1.2
26	1.1	1.0	1.2	1.7	1.3
27	1.2	1.2	1.3	1.8	1.4
28	1.3	1.3	1.5	1.9	1.5
29	1.2	1.1	1.1	1.6	1.3
30	0.9	1.7	0.7	0.8	0.9
31	1.1	1.2	1.1	1.3	1.2
32	1.0	1.2	1.0	1.1	1.1
33	1.1	1.2	1.1	1.1	1.1
34	1.0	1.2	1.1	1.0	1.1
35	1.2	1.2	1.3	1.5	1.3
36	1.0	0.8	1.1	1.4	1.1
37	1.0	0.8	1.1	1.4	1.1
38	0.8	0.8	0.8	0.9	0.8
39	0.9	0.8	0.8	0.9	0.9
40	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
41	0.8	0.9	0.8	0.8	0.8
42	0.8	0.9	0.8	0.8	0.8
43	0.8	0.9	0.7	0.8	0.8
44	0.9	1.0	0.9	0.8	0.9
45	0.8	1.0	0.7	0.7	0.8
46	0.9	1.1	0.9	0.9	1.0
47	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1

<표 2-19> 남해 연안격자점에 있어서의 평균 유의파고(m)

2.6 평수구역 제9구와 그 부근의 연해주역

평수구역 제9구는 전라남도 고흥군 외나로도 서단으로부터 진방위 033도로 그은 선, 외나로도 동부 북단으로부터 여천군 소횡간도를 지나 돌산도 남단에 이르는 선, 돌산도 대단으로부터 경상남도 남해군 서남 돌출부 서단에 이르는 선, 남해도 장항말로부터 통영시 하도, 추도 및 비진도를 지나 거제시 망산각에 이르는 선, 동시 열천단으로부터 부산광역시 가덕도 천수대말에 이르는 선과 가덕도 옹봉산으로부터 서도 및 영도를 지나 승두말에 이르는 선 안의 해역을 말한다.



<그림 2-20> 평수구역 제9구

2.6.1 바람

<표 2-20>은 평수구역 제9구 내에 위치해 있는 지상관측지점과 AWS에서 관측한 바람의 계절별 평균풍속을 나타낸 것이다. 봄 1.7-4.1m/s, 여름 1.5-4.0m/s, 가을 1.4-4.0m/s 그리고 겨울철의 평균풍속은 1.8-4.6m/s의 분포를 나타낸다. 이들 값은 Beaufort Scale of Wind Force 2-3에 해당하는 것으로 평수구역의 전형이라고 말할 수 있다.

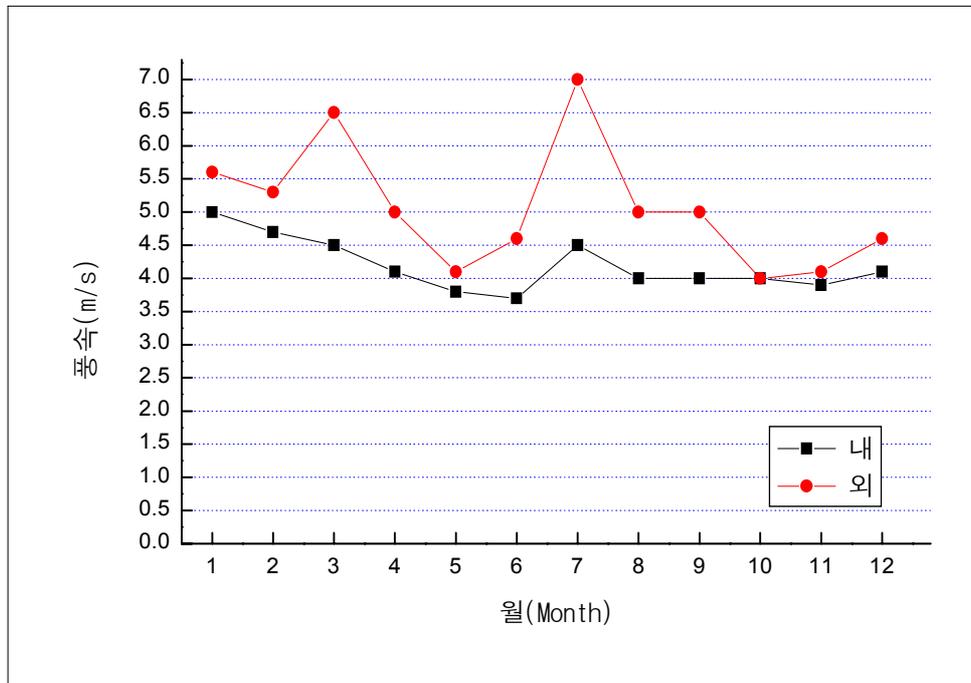
계절 지점	봄	여름	가을	겨울	전기간
여수	3.9	3.6	4.0	4.6	4.0
남해	1.8	1.5	1.9	2.0	1.8
통영	2.9	2.7	2.5	2.9	2.8
거제	1.7	1.6	1.4	1.8	1.6
마산	2.4	2.3	1.9	2.2	2.2
부산	4.1	4.0	3.4	3.7	3.8
백야	3.2	2.7	2.9	2.9	2.9
사량	2.4	2.6	2.1	2.2	2.3

<표 2-20> 평수구역 제9구 내 관측지점의 평균풍속(m/s)

<표 2-21>은 평수구역 제9구 외에 위치한 AWS에서 관측한 바람의 계절별 평균풍속을 보인다. 봄 2.7-5.2m/s, 여름 2.3-4.8m/s, 가을 2.5-4.2m/s 그리고 겨울철의 평균풍속은 2.5-5.0m/s의 분포를 보여, Beaufort Scale of Wind Force 2-3에 해당된다.

계절 지점	봄	여름	가을	겨울	전기간
거문도	5.0	4.4	4.2	5.0	4.7
육지도	2.7	2.3	2.5	2.8	2.6
매물도	5.2	4.5	3.8	5.0	4.6
명사	2.9	2.4	2.8	3.3	2.9
서이말	3.7	4.8	3.3	2.5	3.6

<표 2-21> 평수구역 제9구 외 관측지점의 평균풍속(m/s)



<그림 2-21> 평수구역 제9구 내·외 관측지점의 평균풍속(m/s)

2.6.2 파랑

<표 2-22>, <표 2-23>와 <그림 2-22>은 평수구역 제9구 내·외에 위치한 관측지점들의 계절별·월별 평균유의파고를 보이며, 각 관측지점의 위치는 다음과 같다.

9-1 : 35°00′ N, 129°00′ E 9-2 : 35°00′ N, 129°10′ E
 9-3 : 34°50′ N, 128°50′ E 9-4 : 35°03′ N, 128°45′ E
 9-5 : 35°02′ N, 128°50′ E

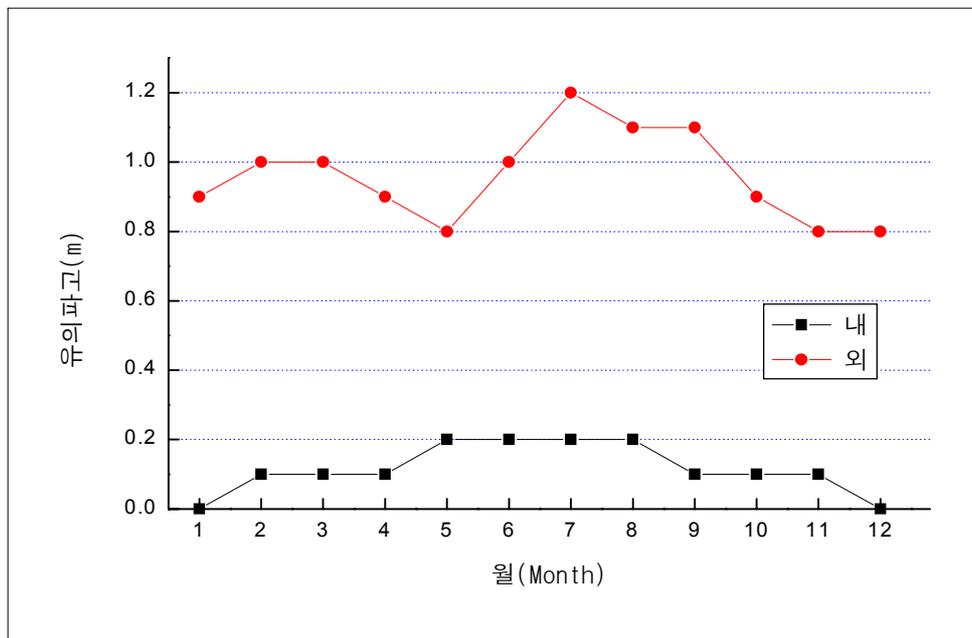
계절 지점	봄	여름	가을	겨울	전기간
9-4	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1
9-5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0

<표 2-22> 평수구역 제9구 내 관측지점의 평균유의파고(m)

계절 지점	봄	여름	가을	겨울	전기간
9-1	0.7	0.9	0.7	0.6	0.7
9-2	0.9	1.1	0.9	0.9	1.0
9-3	0.7	1.0	0.7	0.6	0.8

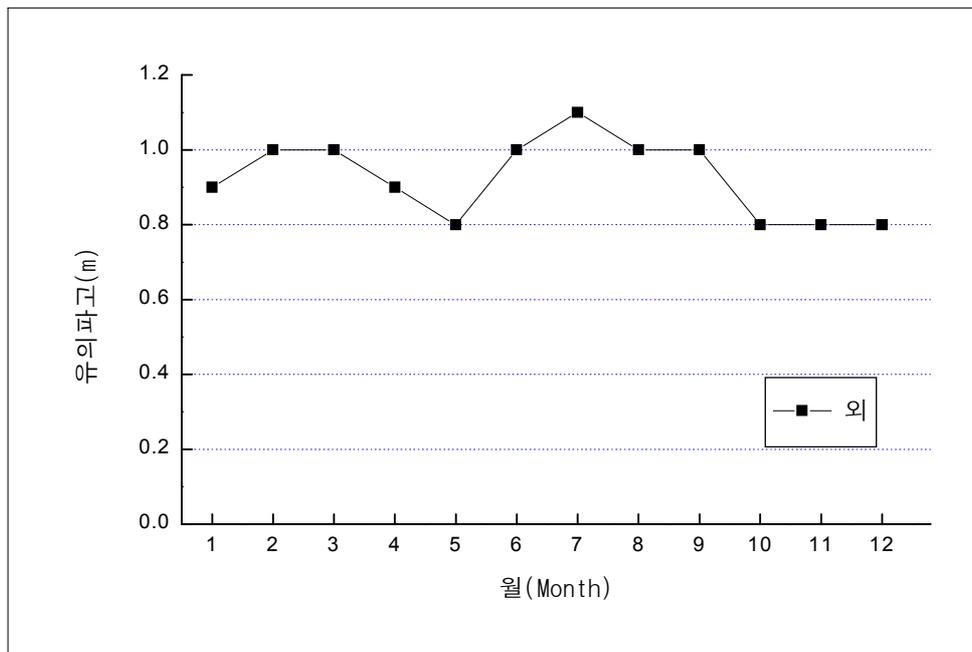
<표 2-23> 평수구역 제9구 외 관측지점의 평균유의파고(m)

평수구역 내에 위치한 지점들의 평균유의파고는 최고 0.2m의 낮은 분포를 보이거나, 평수구역 외에 위치한 지점들의 계절별 평균유의파고는 봄 0.6-0.9m, 여름 0.8-1.1m, 가을 0.5-0.9m, 겨울 0.5-0.9m의 높은 분포를 나타낸다. 전기간의 평균유의파고는 0.6-1.0m의 분포를 보이는데, 이 값은 Beaufort Scale of Wind Force 4에 해당하는 상태를 말한다.



<그림 2-22> 평수구역 제9구 내·외 관측지점의 평균유의파고(m)

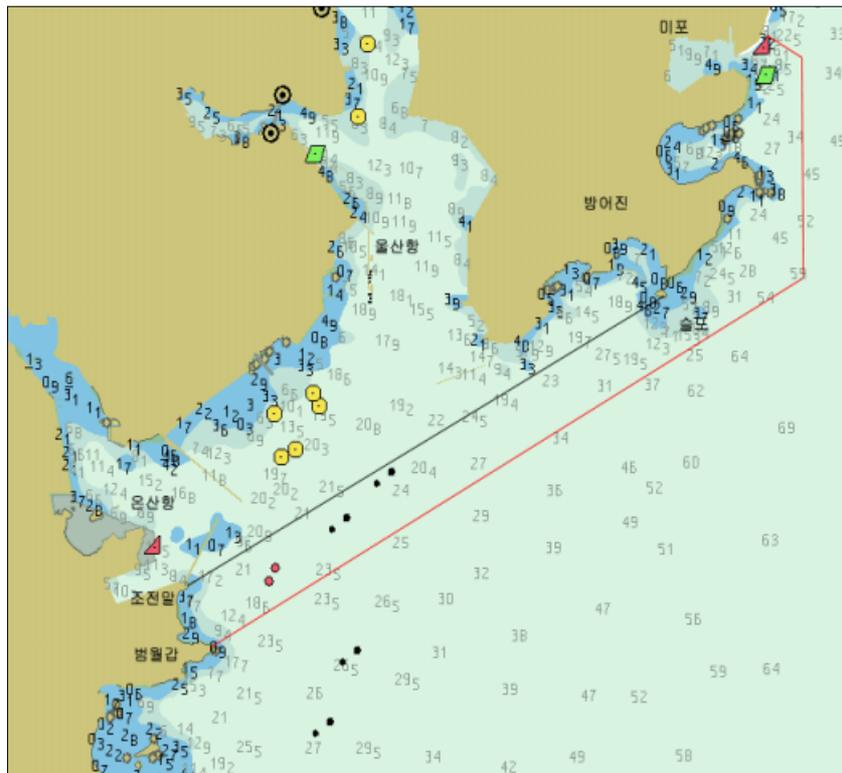
<표 2-19>의 남해 연안격자점 중에서 평수구역 제9구 부근에 위치해 있는 지점은 40-46이다. 이들 지점은 모두 평수구역 외의 먼바다에 위치하며, <그림 2-23>에서 보듯이, 봄 0.8-0.9m, 여름 0.8-1.1m, 가을 0.7-0.9m, 겨울의 평균유의파고는 0.7-0.9m의 분포를 나타낸다. 전기간에 대한 평균유의파고는 0.8-1.0m로 Beaufort Scale of Wind Force 4에 해당하는 것이다.



<그림 2-23> 평수구역 제9구 외 관측지점의 평균유의파고(m)

2.7 평수구역 제10구와 그 부근의 연해구역

평수구역 제10구는 울산광역시 조진말로부터 슬도에 이르는 선 안의 해역을 말한다.



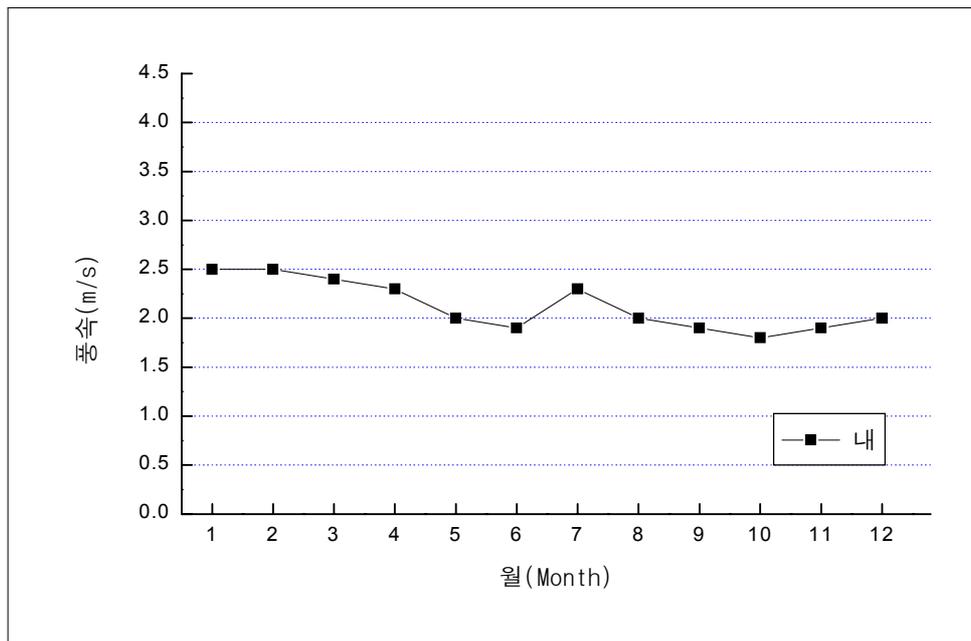
<그림 2-24> 평수구역 제10구

2.7.1 바람

<표 2-24>와 <그림 2-25>은 평수구역 제10구 내에 위치하는 울산 지방에 있어서의 계절별, 월별 평균풍속을 나타낸 것이다. 평균풍속은 1.9-2.3m/s로 Beaufort Scale of Wind Force 2이하에 해당하는 것으로 평수구역 내의 전형적인 값이라고 할 수 있다.

계절 지점	봄	여름	가을	겨울	전기간
울 산	2.3	2.1	1.9	2.3	2.2

<표 2-24> 평수구역 제10구 내 관측지점의 평균풍속(m/s)



<그림 2-25> 평수구역 제10구 내 관측지점의 평균풍속(m/s)

2.7.2 파랑

<표 2-25>와 <표2-26>은 평수구역 제10구 내·외에 위치한 지점들의 계절별 평균유의파고를 보인다. 다음은 그 지점들의 위치이다.

10-1 : 35°28' N, 129°23' E 10-2 : 35°25' N, 129°24' E

10-3 : 35°26' N, 129°27' E

계절 지점	봄	여름	가을	겨울	전기간
10-1	0.6	0.8	0.5	0.4	0.6

<표 2-25> 평수구역 제10구 내 관측지점의 평균유의파고(m)

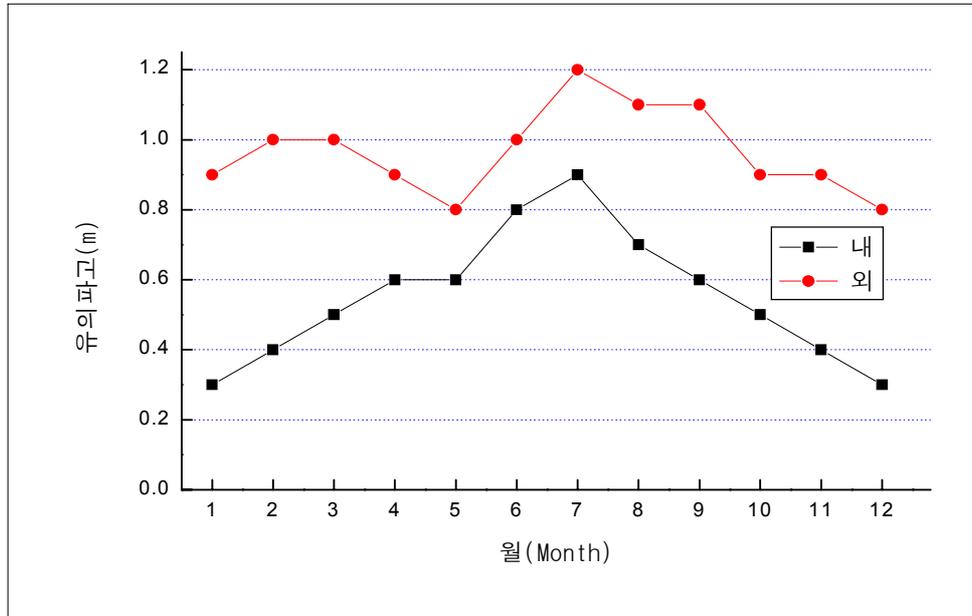
계절 지점	봄	여름	가을	겨울	전기간
10-2	0.8	1.0	0.8	0.7	0.9
10-3	0.9	1.1	1.0	0.9	1.0

<표 2-26> 평수구역 제10구 외 관측지점의 평균유의파고(m)

<표 2-25>의 평수구역 내 지점의 계절별 평균유의파고는 0.4-0.8m의 분포를 나타낸다. 이는 Beaufort Scale of Wind Force 3-4에 해당하는 것으로, 평수구역 제10구의 경우는 평수구역 내에서도 높은 파고가 발생되고 있다는 것을 알 수 있다.

<표 2-26>에서 보듯이, 평수구역 외의 경우 평균유의파고는 봄철 0.8-0.9m, 여름철 1.0-1.1m, 가을철 0.8-1.0m, 겨울철 0.7-0.9m의 분포를

나타낸다. 전기간의 평균유의파고는 0.9-1.0m로 평수구역 내의 그것보다 더 큰 값을 보인다.



<그림 2-26> 평수구역 제10구 내·외 관측지점의 평균유의파고(m)

<표 2-27>은 우리나라 주요 연안격자점 중 동해에 위치해 있는 연안격자점에 있어서의 계절별 평균유의파고를 정리한 것으로, 평수구역 제10구 부근에 위치해 있는 지점은 48, 49로 평수구역 외의 먼바다에 위치한다.

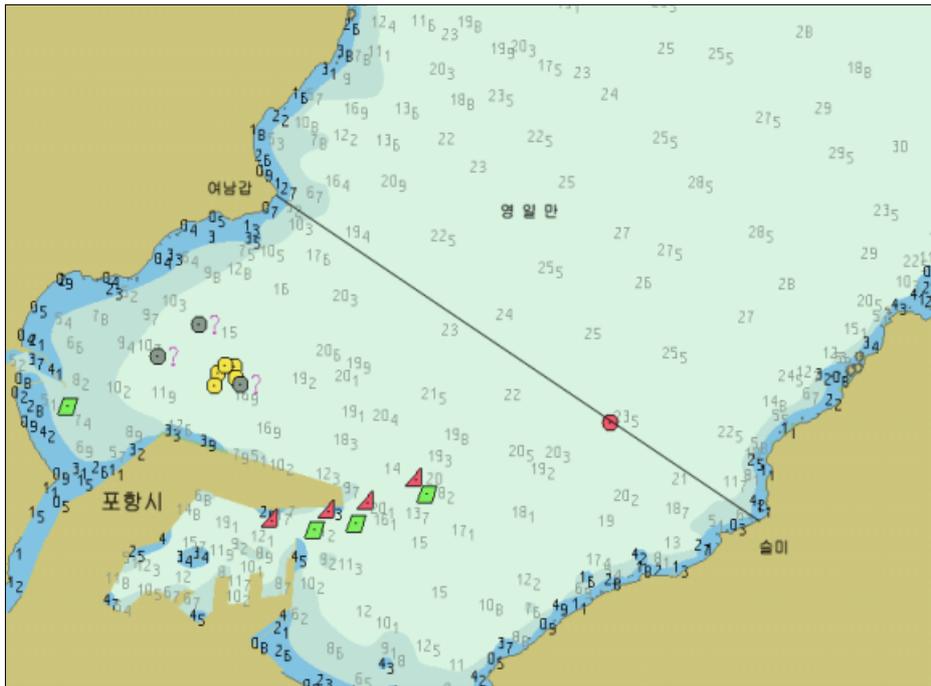
두 지점의 봄철 평균유의파고는 1.0m, 여름철은 1.1-1.2m, 가을철은 1.1m, 겨울철은 1.0-1.1m 그리고 전기간에 걸쳐서는 1.1m의 평균유의파고를 보인다. 이 값은 Beaufort Scale of Wind Force 4를 초과하는 해상상태이다.

계절 번호	봄	여름	가을	겨울	전기간
48	1.0	1.2	1.1	1.0	1.1
49	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1
50	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0
51	1.0	1.0	1.1	1.2	1.1
52	0.8	0.8	0.9	1.0	0.9
53	0.9	0.9	1.1	1.2	1.0
54	0.9	0.9	1.0	1.1	1.0
55	0.9	0.9	1.0	1.2	1.0
56	0.9	0.9	1.0	1.2	1.0
57	1.3	1.2	1.5	2.0	1.5
58	0.9	0.9	1.1	1.2	1.0
59	0.9	0.9	1.0	1.2	1.0
60	1.2	1.1	1.4	1.8	1.4
61	0.9	0.9	1.1	1.3	1.1
62	0.8	0.8	1.0	1.1	0.9
63	0.8	0.8	1.0	1.2	1.0
64	0.9	0.9	1.0	1.2	1.0
65	0.8	0.8	0.9	1.0	0.9
66	0.8	0.8	1.0	1.1	0.9
67	0.7	0.8	0.8	0.9	0.8

<표 2-27> 동해 연안격자점에 있어서의 평균유의파고(m)

2.8 평수구역 제11구와 그 부근의 연해구역

평수구역 제11구는 경상북도 포항시 슬미로부터 여남갑에 이르는 선안의 해역을 말한다.



<그림 2-27> 평수구역 제11구

2.8.1 바람

<표 2-28>, <표 2-29>와 <그림 2-28>은 평수구역 제11구 내·외에 위치한 포항과 장기곶의 계절별 평균풍속으로, 포항은 2.5-3.0m/s로 Beaufort Scale of Wind Force 2이하의 평균풍속을 나타내고, 장기곶은

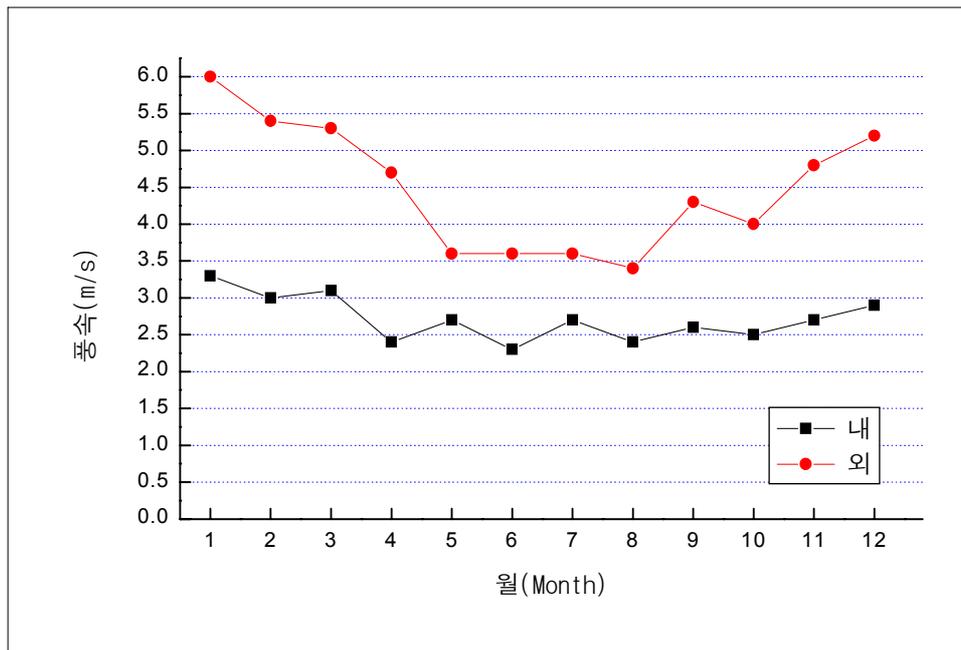
3.5-5.6m/s로 Beaufort Scale of Wind Force 3의 평균풍속을 나타낸다.

계절 지점	봄	여름	가을	겨울	전기간
포항	3.0	2.5	2.6	3.0	2.8

<표 2-28> 평수구역 제11구 내 관측지점의 평균풍속(m/s)

계절 지점	봄	여름	가을	겨울	전기간
장기곶	4.5	3.5	4.4	5.6	4.5

<표 2-29> 평수구역 제11구 외 관측지점의 평균풍속(m/s)



<그림 2-28> 평수구역 제11구 내·외 관측지점의 평균풍속(m/s)

2.8.2 파랑

<표 2-30>, <표 2-31>와 <그림 2-29>은 평수구역 제11구 내·외에 위치한 지점들에 있어서의 계절별 평균유의파고를 보이며, 그 지점들은 다음과 같다.

11-1 : 36°03' N, 129°25' E 11-2 : 36°01' N, 129°27' E
 11-3 : 36°06' N, 129°28' E 11-4 : 36°07' N, 129°33' E

지점 \ 계절	계절				
	봄	여름	가을	겨울	전기간
11-1	0.3	0.3	0.5	0.5	0.4
11-2	0.3	0.3	0.5	0.5	0.4

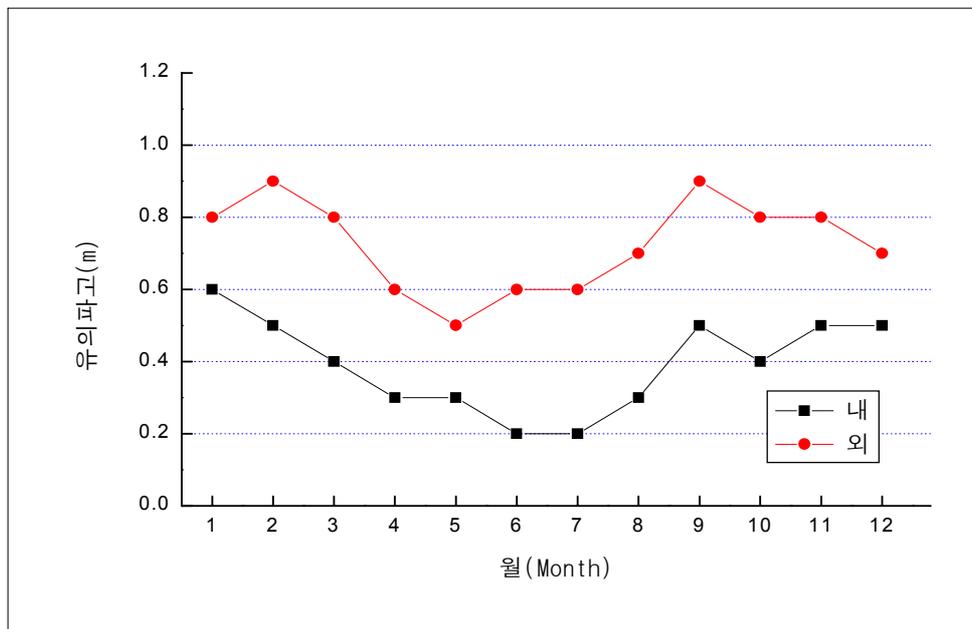
<표 2-30> 평수구역 제11구 내 관측지점의 평균유의파고(m)

지점 \ 계절	계절				
	봄	여름	가을	겨울	전기간
11-3	0.5	0.5	0.8	0.8	0.7
11-4	0.7	0.6	0.8	0.8	0.7

<표 2-31> 평수구역 제11구 외 관측지점의 평균유의파고(m)

<표 2-30>에서 보듯이, 평수구역 내 두 지점의 계절별 평균유의파고는 0.3-0.5m의 분포를 보여 Beaufort Scale of Wind Force 3이하의 그 리 높지 않은 파고임을 알 수 있다.

<표 2-31>의 평수구역 외 두 지점에 있어서의 평균유의파고는 0.5-0.7m의 분포를 보여 평수구역 내 보다 높은 분포를 나타낸다. 평수구역 외의 경우도 평수구역 내의 지점에서의 월변화 및 계절변화와 거의 같은 경향을 보여, 가을과 겨울에 높은 파고를 보이고, 봄과 여름에 낮은 파고를 나타낸다.



<그림 2-29> 평수구역 제11구 내·외 관측지점의 평균유의파고(m)

제 3 장 항해 안전성 평가 방법

3.1 해양파 스펙트럼

불규칙한 해면 상태를 해석하기 위하여, 일반적으로 해양파를 다음과 같이 가정하고 분석한다.

- (1) 일정한 주기로 측정된 파고(wave elevation)의 분포는 정규분포이며, 그 극치는 Rayleigh 분포를 따른다.
- (2) 불규칙한 파의 파형은 서로 다른 파장과 파고를 가진 여러 규칙파의 중첩(superposition)이다.

상기의 가정 하에 해양파의 불규칙성은 파 스펙트럼으로 해석할 수 있다. 이론적인 해양파 스펙트럼은 그 동안 많은 해양 학자들에 의해 제안되었으나, 일반적으로 몇 가지가 통용되고 있다. 여기에서는 국제선체구조회의(ISSC)에서 채용한 장과정 해양파 스펙트럼인 개량 P-M(Pierson-Moskowitz)형 스펙트럼을 채택하였다. 해양파 스펙트럼을 $S(\omega)$ 이라고 하면 다음과 같다.^[4]

$$S(\omega) = \frac{1}{2\pi} \cdot 0.11 (H_{1/3})^2 T_o \left(\frac{T_o}{2\pi} \omega\right)^{-5} \exp\{-0.44 \left(\frac{T_o}{2\pi} \cdot \omega\right)^{-4}\}$$

<식 3-1>

또한 실제 해상에 가깝게 표현되는 파 스펙트럼의 방향성 분포에 관해서는 파의 평균 진행 방향에 대해 $-\pi/2 \sim \pi/2$ 의

범위에서는 방향성파의 성분이 분포하고 그 이외의 범위에서는 0으로 가정하면, 방향 성분을 고려한 단파정 해양파 스펙트럼은 다음과 같이 표현된다.

$$S_{\zeta}(\omega, \theta) = \frac{2}{\pi} \cdot S(\omega) \cos^2 \theta ; -\frac{\pi}{2} \leq \theta \leq \frac{\pi}{2} \quad \langle \text{식 3-2} \rangle$$

$$= 0 ; \text{ 그 밖의 경우}$$

여기서, θ : 파의 평균 진행 방향과 요소파가 이루는 각도

3.2 내항성능 평가요소

불규칙한 해상을 항행하는 선박의 인명, 선체, 화물의 안전을 고려하여 파랑 등의 외력에 대한 선박의 내항성능을 평가하기 위해, 선체의 운동으로부터 발생하는 다음과 같은 현상을 내항성능 평가요소로 하고 있다.^{[1],[5]-[7]}

- (가) 갑판 해수침입 (Deck wetness)
- (나) 슬래밍 (Slamming)
- (다) 횡동요 (Rolling)
- (라) 상하 가속도 (Vertical Acceleration)
- (마) 좌우 가속도 (Lateral Acceleration)

과량중을 향해하는 선박에서 그 내항성능 평가요소는 주어진 한계치를 초과할 때 그 현상이 발생하고, 그 발생 확률이 주어진 한계발생확률을 초과할 때 선박은 과량중에서 기능을 잃거나 아니면 위험하게 된다. 이와 같은 각 내항성능 평가요소의 시스템적 결합은 직렬 결합(serial combination) 구조로서, 한가지 요소만이라도 발생확률이 한계발생확률을 초과할 경우 선박은 전체 내항성능을 잃어 위험한 상태에 도달하게 된다.^[5]

그러나, 기존의 각 내항성능 평가요소에는 한계치와 한계발생확률이 각각 다르게 제안되어 있다. 이것은 각 내항성능 평가요소에 관한 연구가 선박이라는 전체 시스템을 선체, 화물, 각종 선박용 기기 등의 서브시스템으로 분류하여, 각각에 대한 내항성능에 관한 연구가 따로 행하여진 결과이기도 하다. 또한 내항성능 평가에 각 요소의 중요도를 달리 부여한 의미도 있다.

이와 같이 여러 학자들에 의해 제안된 기존 내항성능 평가요소에 대한 한계치와 그 한계발생확률은 <표 3-1>과 같다.^{[1],[8]-[13]}

내항성능 평가요소	한 계 치	한계발생 확 률
갑판 해수침입	선체 자체의 안전과 관련이 있는 평가요소로, 모형실험결과에 의해 해석된 정수중 항주시의 수위 상승을 고려한 F.P.의 유효조건	5/100
슬래밍	선저노출과 동시에, 파에 돌입할 때 선저의 파면에 대한 상대속도가 한계속도(Threshold velocity)를 초과하는 것이며, 이에 따른 선체의 진동현상을 가리키며 선체자체의 안전에 직접 관련되어 있다. 단, $\text{Threshold velocity} = 0.09\sqrt{gL}$	5/100
횡동요	횡운동에 대한 평가기준 값은 승선감과 선체의 안전면에서 결정된다. 여객 페리의 경우 차량고박장치가 횡요각 20°로 한계치가 되어 있고, 또 여객 및 선체의 안전면에서 선체중앙부 Weather side bulwark으로 해수가 유입하는 것을 병행하여 기준으로 채택했다.	10^{-3}
좌우가속도	Human Factor를 이용하여 작업의 정도에 따른 능률 감소에 그 한계치를 두고 있다. 여기에서는 E. V. Lewis가 설정한 0.4g를 한계치로 한다.	1/25
상하가속도	G. Aertssen은 선박의 길이에 따라 그 한계치를 달리하고 있고, 여객페리의 경우 그 길이가 작아 0.7g를 한계치로 한다.	10^{-3}

<표 3-1> 내항성능 평가요소의 한계치 및 한계발생확률

3.3 내항성능의 평가치와 위험도

선박의 내항성능 평가는 일반적으로 각 내항성능 평가요소가 그 한계치를 초과하는 발생 확률로부터 정의되는 평가치, 위험도, 최대 위험도, 상대 위험도를 적용한다.^{[14]-[16]}

3.3.1 평가치

임의 내항성능 평가요소의 극치 분포는 Rayleigh 분포로서, 그 발생확률을 $Q(X_i)$ 라고 하면, 임의 내항성능 평가요소의 평가치 E_{X_i} 는 다음과 같이 정의된다.

$$E_{X_i} = \frac{1}{\sqrt{-2 \ln\{Q(X_i)\}}} = \left[\frac{\sigma_{X_i}}{X_i} \right] \quad \langle \text{식 3-3} \rangle$$

평가치 E_{X_i} 가 0이 되면 임의 요소(X_i)의 신뢰도는 1이 되고, E_{X_i} 가 무한대가 되면 X_i 요소의 신뢰도는 0이 된다.

3.3.2 위험도

임의 X_i 요소의 주어진 한계발생확률에 관한 한계 평가치를

$E_{X_{ic}}$ 로 하고, 한계 평가치 $E_{X_{ic}}$ 에 대한 평가치 E_{X_i} 의 비를 X_i 요소의 위험도 μ_{X_i} 라 정의한다.

$$\mu_{X_i} = \frac{E_{X_i}}{E_{X_{ic}}} = \frac{\left[\frac{X_i}{\sigma_{X_{ic}}} \right]}{\left[\frac{X_i}{\sigma_{X_i}} \right]} = \frac{\sigma_{X_i}}{\sigma_{X_{ic}}} \quad \text{<식 3-4>}$$

여기서, $\sigma_{X_{ic}}$: X_i 가 위험하게 되는 한계표준편차

위험도 μ_{X_i} 는 파에 대한 만남각(x), 선속(V) 및 해면 상태(S)에 따라 변화한다. 여기에서 $\mu_{X_i} \geq 1.0$ 인 경우 X_i 요소가 위험하고, $\mu_{X_i} < 1.0$ 인 경우는 안전하다는 것을 나타낸다.

3.3.3 최대 위험도와 상대 위험도

내항성능 평가요소의 위험도 μ_{X_i} 에서 최대치를 최대 위험도 μ_m 이라 정의한다.

$$\mu_m(\chi, V, S) = \text{Maximum}[\mu_i(\chi, V, S)] \quad \text{<식 3-5>}$$

이 μ_m 은 어떤 상황하에서 μ_{X_i} 의 최고치인 값으로서, 그 값은 각 요소에 대한 상대치로 비교되는 값이다.

또한 임의 X_i, X_j 요소의 위험도가 μ_i, μ_j 인 경우, X_i 요소를 기준으로 하여 나타낸 X_j 요소의 위험도의 비를 X_i 요소에 대한 X_j 요소의 상대 위험도 μ_{ij} 라 정의 한다.

$$\mu_{ij} = \frac{\mu_i}{\mu_j} = \frac{\frac{X_i}{\sigma_{X_i}}}{a_{ij} \left[\frac{X_j}{\sigma_j} \right]} = \frac{\sigma_{X_{jc}}}{\sigma_{X_{ic}}} \cdot \frac{\sigma_{X_i}}{\sigma_{X_j}} \quad \langle \text{식 3-6} \rangle$$

$$\text{단, } a_{ij} = \frac{E_{X_{jc}}}{E_{X_{ic}}} = \frac{\left[\frac{X_{jc}}{\sigma_{X_{jc}}} \right]}{\left[\frac{X_{ic}}{\sigma_{X_{ic}}} \right]}$$

여기에서 $\mu_{ij} > 1.0$ 인 경우는 X_i 요소에 비해 X_j 요소가 더 위험하고, $\mu_{ij} < 1.0$ 인 경우는 그 반대의 의미를 갖는다.

이러한 상대 위험도 μ_{ij} 를 계산함으로써 기준 요소인 X_i 요소와 임의 X_j 요소는 상대적으로 동등하게 성능을 평가할 수 있게 된다. 그것은 X_j 요소의 한계치를 $a_{ij} \cdot \mu_{ij}$ 배한 값이 X_j 요소의 결보기 한계치(X_{jc})로 되기 때문에 기준으로 한 X_i 요소로써 임의의 X_j 요소의 상태를 평가할 수 있다.

3.4 임의 한 개 요소에 의한 항해 안전성 평가

내항성능 평가요소의 신뢰도 함수 \bar{P}_i 는 상대 위험도(μ_{ij})를 매개로 하여 임의 내항성능 평가요소 한 개만을 계측하여도 계산이 가능하다. 이것을 이용하여 과량중을 항해하는 선박의 항해 안전성을 평가할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 \bar{P}_i &= 1 - \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{\alpha_{P_i} X_{im}}{\beta_i \sigma_i}\right)^2\right\} \\
 &= 1 - \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{\alpha_{P_i} X_{im}}{\alpha_{P_i} \mu_{ij} \sigma_i}\right)^2\right\} \\
 &= 1 - \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{E_{ic}}{E_{Pc}} \cdot \frac{E_{ic}}{E_{ic}} \cdot \frac{X_{im}}{\mu_{ij} \sigma_i}\right)^2\right\} \\
 &= 1 - \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{\alpha_{P_i}}{\mu_{ij}} \cdot \frac{X_{im}}{\sigma_i}\right)^2\right\} \\
 &= 1 - Q\left(X_{im}\right) \left(\frac{\alpha_{P_i}}{\mu_{ij}}\right)^2
 \end{aligned}
 \tag{식 3-7}$$

여기서,

X_{im} : 계측하는 임의의 내항성능 평가요소

$$\beta_i = \alpha_{ij} \cdot \mu_{ij}$$

μ_{ij} : 임의 i 요소에 대한 임의 j 요소의 상대 위험도

α_{P_i} : 프로펠러 레이싱에 대한 임의 i 요소의
한계평가치의 비

제 4 장 연안 항해 선박의 안전성 평가

4.1 수치계산의 조건

본 연구에서는 주요해역을 항행하는 선박 중 총톤수(Gross Tonnage)를 기준으로 실제 선박과 동일한 운동특성 및 시각적 특성을 가지는 선박모델을 선정하여 시뮬레이션을 행하였다. 주요 모델 선박의 세부 명세는 <표 4-1>와 같다.

주요 모델 선박에 대한 항해 안전성 평가는 해양경찰청 고시 「여객선안전관리지침」 제15조 여객선출항통제를 기준으로 주요해역의 기상을 바탕으로 내항성능 평가요소의 위험도를 이용하여 실시하였다.

수치계산에 사용된 기상정보는 제2장에 제시되어 있는 해역별 평균유의파고 중 최대값을 이용해 보다 엄밀하게 행하였다.

선속은 해당선의 최대 속력을 이용하였으며, 선박과 파의 만남각은 선수 정향파로부터 30°간격으로 선미추파까지 7개의 상태에 대해서 계산을 행하였다.

Items		Type A	Type B	Type C	Type D
		여객훼리	여객훼리	여객훼리	여객훼리
LBP (M)		47.00	38.40	28.00	43.00
BREADTH (M)		9.20	8.00	8.20	8.80
DEPTH (M)		2.30	2.35	2.05	2.75
DRAFT (M)		1.56	1.40	1.40	1.50
Cb		0.647	0.731	0.666	0.667
L/B		5.11	4.80	3.41	4.89
B/D		4.00	3.40	4.00	3.20
B/d		5.90	5.71	5.86	5.87
건 현	지정값	760	970	660	1260
	최소건현	590	476	388	463
	최소선수높이	2397	1873	1462	2216
G/T		248	140	80	280
Lightweight		285.2	223.8	153.1	312.5
KG at L/S (M)		2.085	2.369	2.153	3.256
Displacement		448.2	327.8	224.9	393.3
KG at Δ (M)		2.842	2.66	2.49	3.39

<표 4-1> Principal ship's particulars

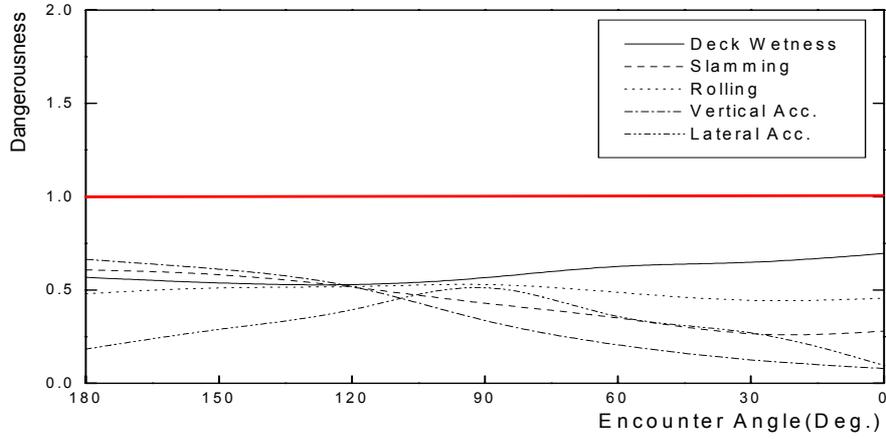
4.2 해역별 항해 안전성 평가

4.2.1 평수구역 제4구

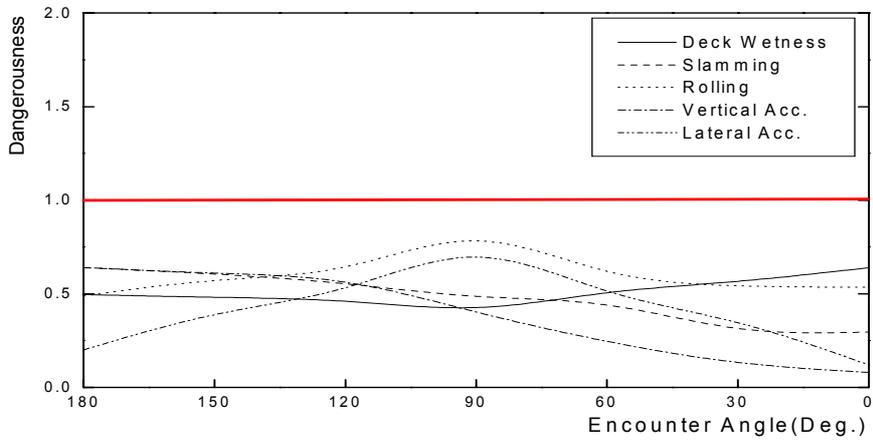
평수구역 제4구 내에 위치하고 있는 장봉도 근처의 4-7지점은 <표 2-4>에서 보듯이 겨울철 평균유의파고가 0.9m로 Beaufort Scale of Wind Force 3~4에 해당하는 상태로 통상의 평수구역보다 높은 파고의 분포를 보인다.

<그림 4-1>~<그림 4-4>는 <식 3-4>에 나타낸 내항성능 평가요소의 위험도를 이용하여 대상선박 Type A, B, C, D가 최대속력으로 항해할 때 선박과 파와의 만남각별 항해 안전성 위험도 평가결과이다. X축은 선박과 파의 만남각으로, 180은 선수 정향파, 90은 정횡파, 0은 선미 추파를 나타내고, Y축은 내항성능 위험도를 나타내고 있다.

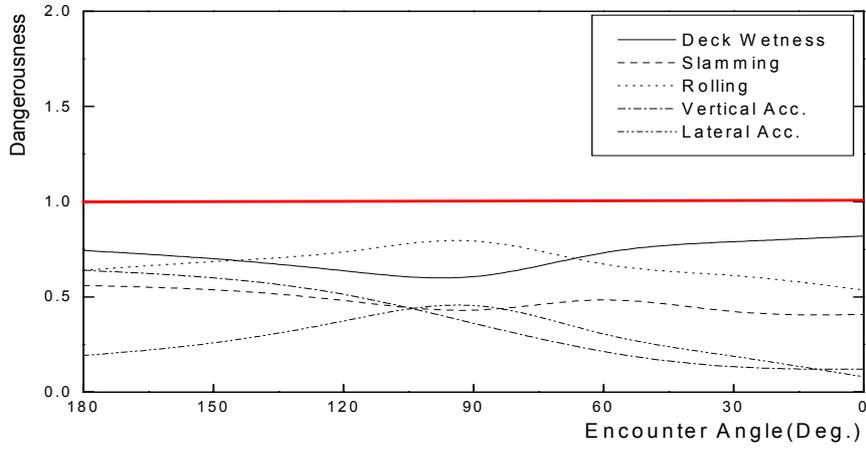
<그림 4-1>~<그림 4-4>에서 알 수 있는 바와 같이 모든 만남각에 대하여 위험도가 1보다 작아 안전하게 평가되었다. 선수파 부근에서는 상하가속도와 슬래밍이, 횡파 부근에서는 횡동요와 좌우가속도가 다른 내항성능 평가요소에 비하여 위험도가 상대적으로 높게 평가되었다.



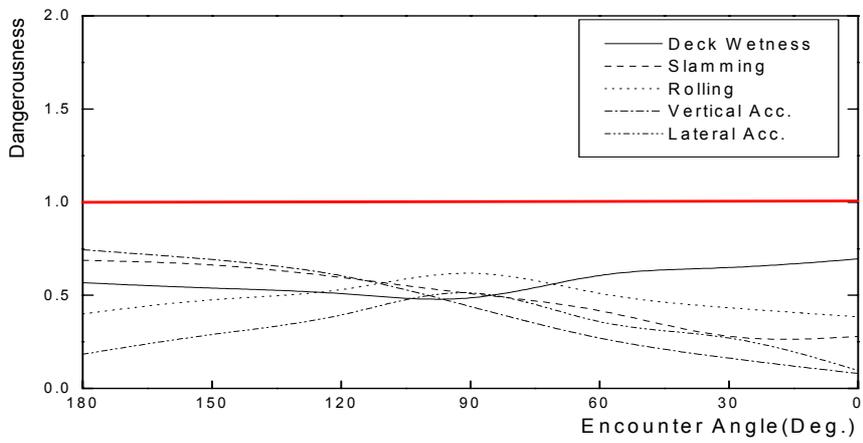
<그림 4-1> 제4구 내항성능 평가요소의 위험도(Type A, $H_{1/3}=0.9m$)



<그림 4-2> 제4구 내항성능 평가요소의 위험도(Type B, $H_{1/3}=0.9m$)



<그림 4-3> 제4구 내항성능 평가요소의 위험도(Type C, $H_{1/3}=0.9\text{m}$)

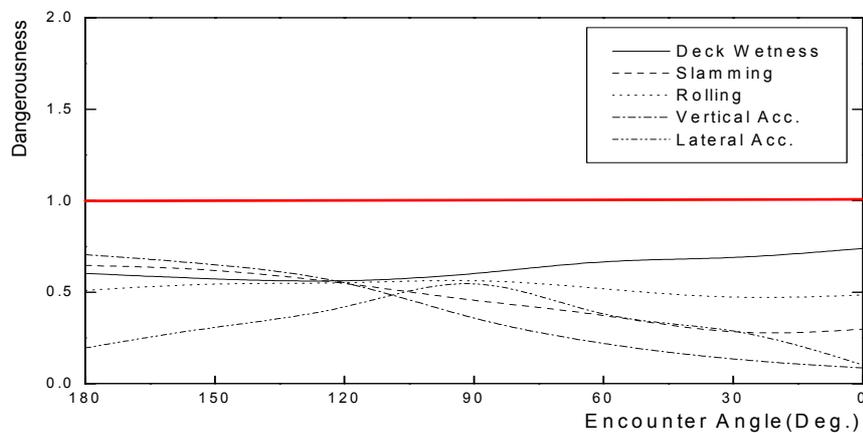


<그림 4-4> 제4구 내항성능 평가요소의 위험도(Type D, $H_{1/3}=0.9\text{m}$)

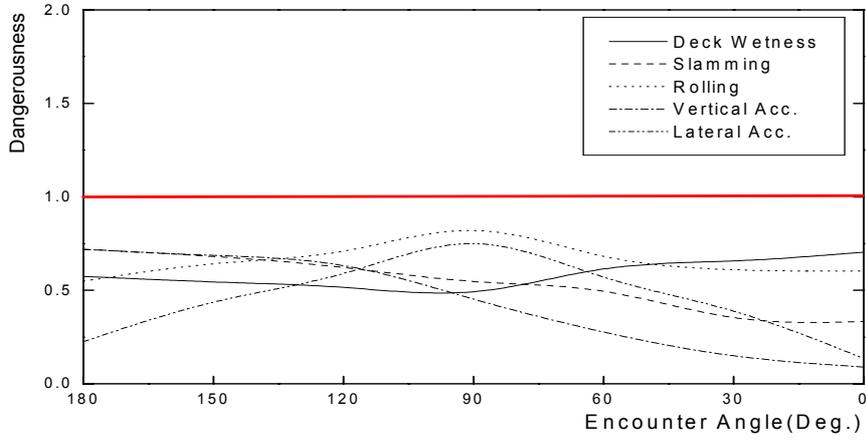
4.2.2 평수구역 제5구

평수구역 제5구 외에 위치하고 있는 외연도 남동쪽 근처의 5-1지점은 <표 2-8>에서 보듯이 겨울철 평균유의파고가 1.1m로 Beaufort Scale of Wind Force 4 이상에 해당하는 상태로 통상의 평수구역보다 높은 파고의 분포를 보인다.

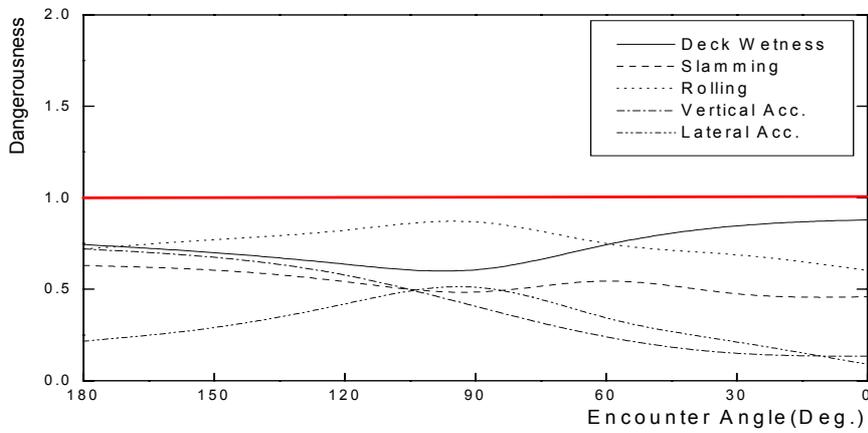
<그림 4-4>~<그림 4-8>에서 알 수 있는 바와 같이 모든 만남각에 대하여 위험도가 1보다 작아 안전하게 평가되었다. 선수와 부근에서는 상하가속도와 슬래밍이, 횡파 부근에서는 횡동요와 좌우가속도가 다른 내항성능 평가요소에 비하여 위험도가 상대적으로 높게 평가되었다. 특히, Type B 선박과 Type C 선박은 횡파 부근에서 횡동요가 위험도 1에 가까움을 알 수 있다.



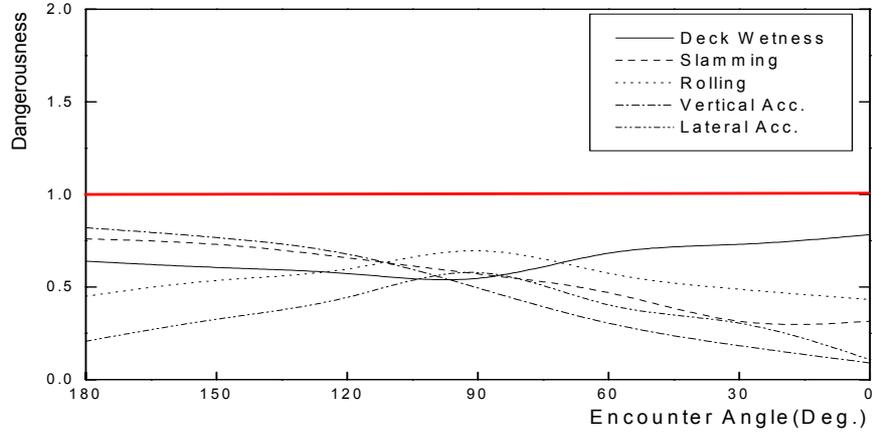
<그림 4-5> 제5구 내항성능 평가요소의 위험도(Type A, $H_{1/3}=1.1\text{m}$)



<그림 4-6> 제5구 내항성능 평가요소의 위험도(Type B, $H_{1/3}=1.1\text{m}$)



<그림 4-7> 제5구 내항성능 평가요소의 위험도(Type C, $H_{1/3}=1.1\text{m}$)

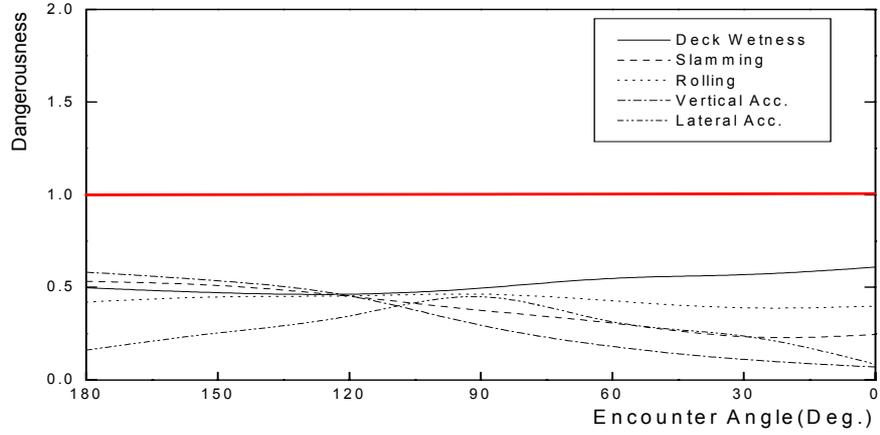


<그림 4-8> 제5구 내항성능 평가요소의 위험도(Type D, $H_{1/3}=1.1\text{m}$)

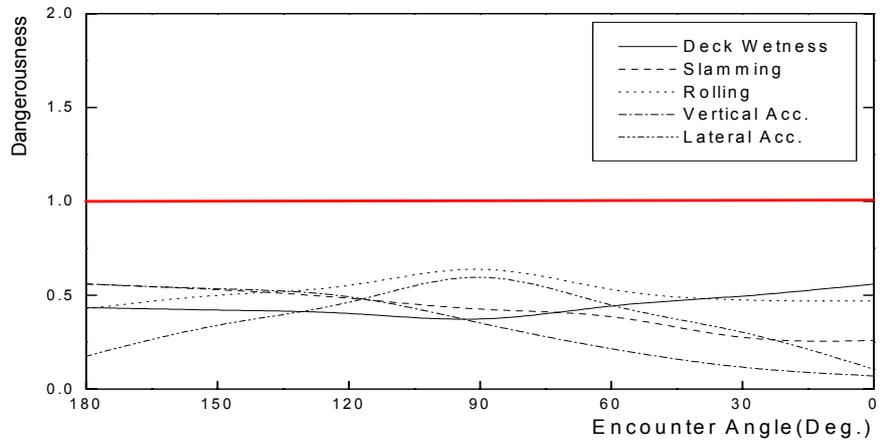
4.2.3 평수구역 제6구

평수구역 제6구 내에 위치하고 있는 6-8지점은 <표 2-11>에서 보듯이 겨울철 평균유의파고가 0.5m로 Beaufort Scale of Wind Force 2~3의 그다지 높지 않은 파고의 분포를 보인다.

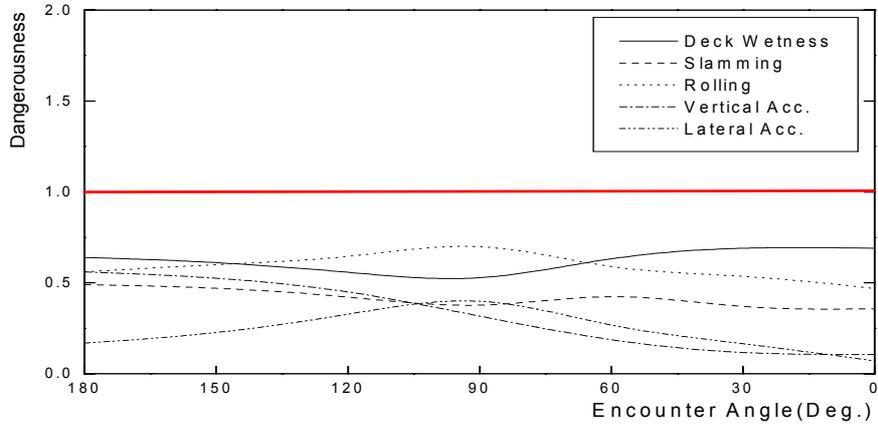
<그림 4-9>~<그림 4-12>에서 알 수 있는 바와 같이 모든 만남각에 대하여 위험도가 1보다 작아 안전하게 평가되었다. 평수구역 제6구는 다른 평수구역에 비하여 평균유의파고가 낮은 지역으로 위험도도 전반적으로 낮게 평가되었다. 선수파 부근에서는 상하가속도와 슬래밍이, 횡파 부근에서는 횡동요와 좌우가속도가 다른 내항성능 평가요소에 비하여 위험도가 상대적으로 높게 평가되었다.



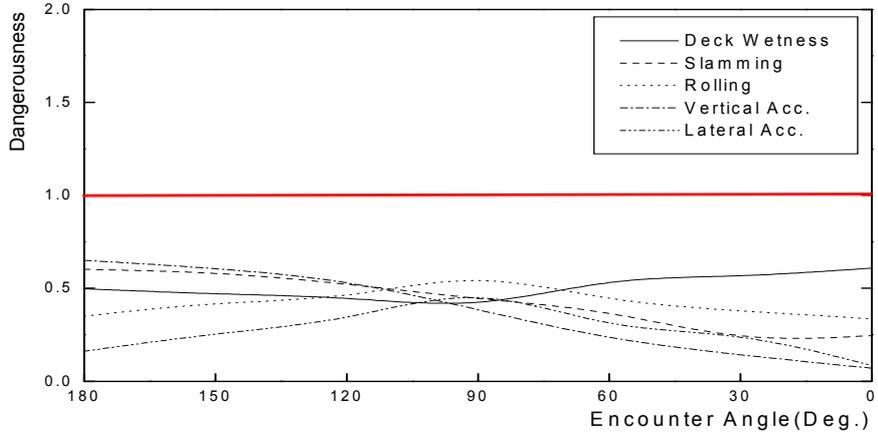
<그림 4-9> 제6구 내항성능 평가요소의 위험도(Type A, $H_{1/3}=0.5m$)



<그림 4-10> 제6구 내항성능 평가요소의 위험도(Type B, $H_{1/3}=0.5m$)



<그림 4-11> 제6구 내항성능 평가요소의 위험도(Type C, $H_{1/3}=0.5m$)

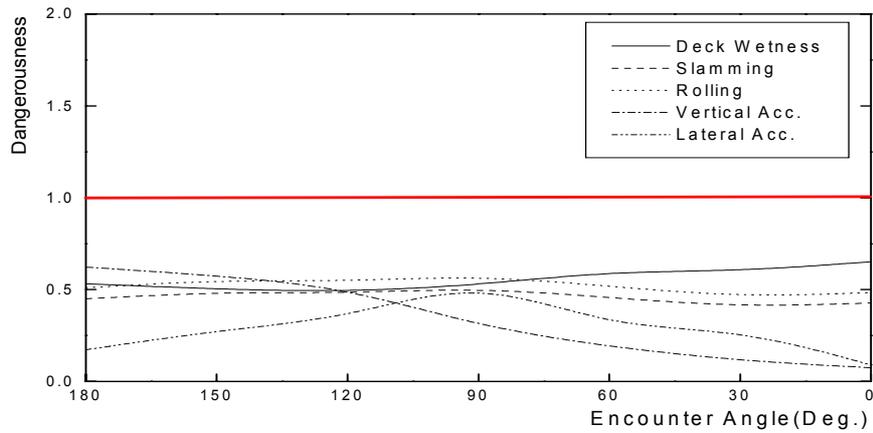


<그림 4-12> 제6구 내항성능 평가요소의 위험도(Type D, $H_{1/3}=0.5m$)

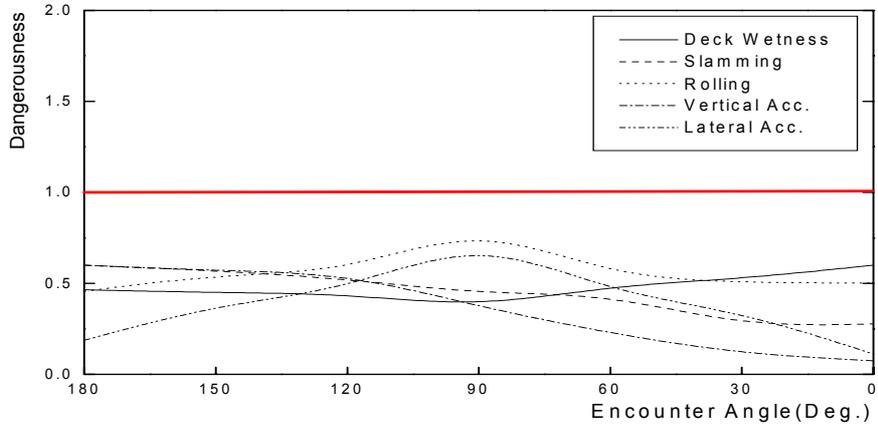
4.2.4 평수구역 제7구

평수구역 제7구 내에 위치하고 있는 7-5지점은 <표 2-16>에서 보듯이 겨울철 평균유의파고가 0.8m로 Beaufort Scale of Wind Force 3~4에 상당하는 해상상태이다.

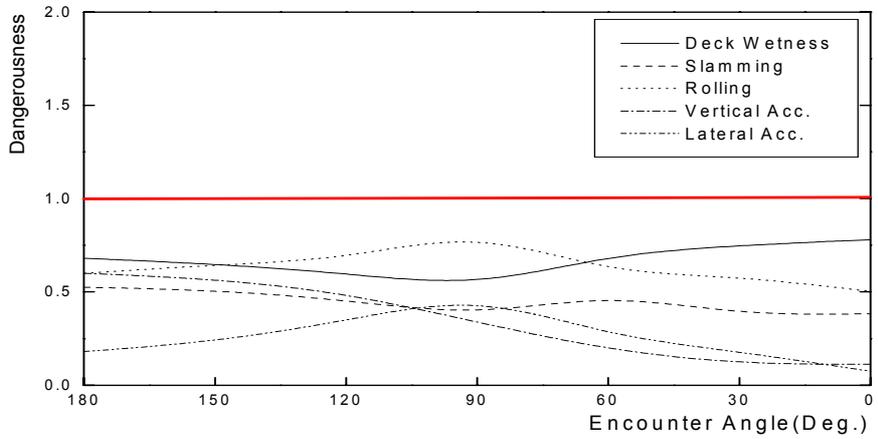
<그림 4-13>~<그림 4-16>에서 알 수 있는 바와 같이 모든 만남각에 대하여 위험도가 1보다 작아 안전하게 평가되었다. 선수와 부근에서는 상하가속도와 슬래밍이, 횡파 부근에서는 횡동요와 좌우가속도가 다른 내항성능 평가요소에 비하여 위험도가 상대적으로 높게 평가되었다.



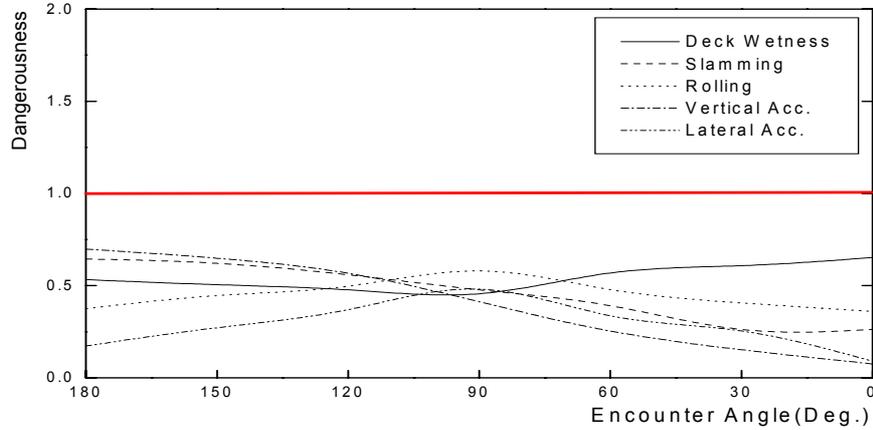
<그림 4-13> 제7구 내항성능 평가요소의 위험도(Type A, $H_{1/3}=0.8\text{m}$)



<그림 4-14> 제7구 내항성능 평가요소의 위험도(Type B, $H_{1/3}=0.8m$)



<그림 4-15> 제7구 내항성능 평가요소의 위험도(Type C, $H_{1/3}=0.8m$)

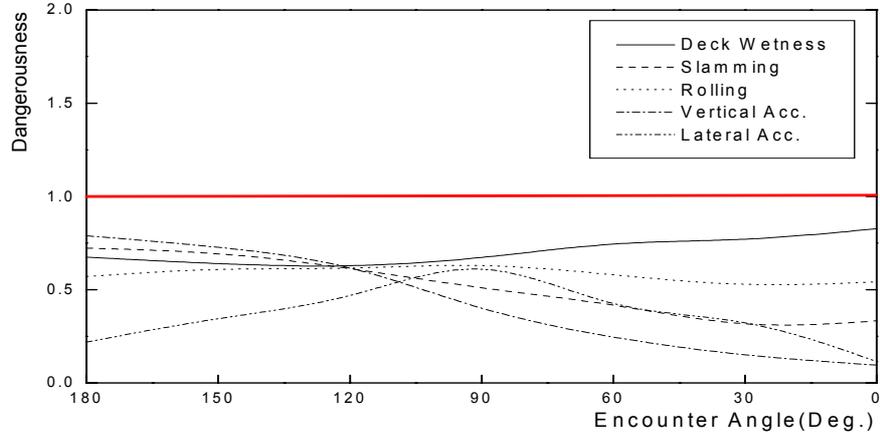


<그림 4-16> 제7구 내항성능 평가요소의 위험도(Type D, $H_{1/3}=0.8m$)

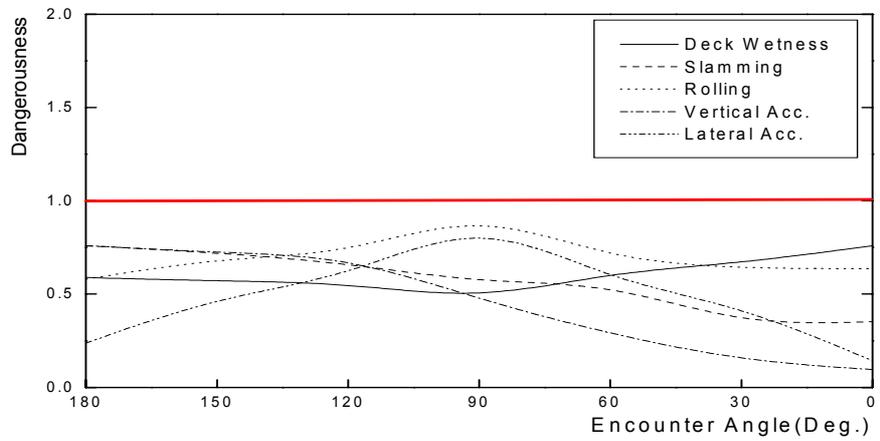
4.2.5 평수구역 제8구

평수구역 제8구 부근에 위치하고 있는 자개도 근처의 23지점은 평수 구역 외 지점으로 <표 2-19>에서 보듯이 겨울철 평균유의파고가 1.3m로 Beaufort Scale of Wind Force 4 이상에 상당하는 해상상태이다.

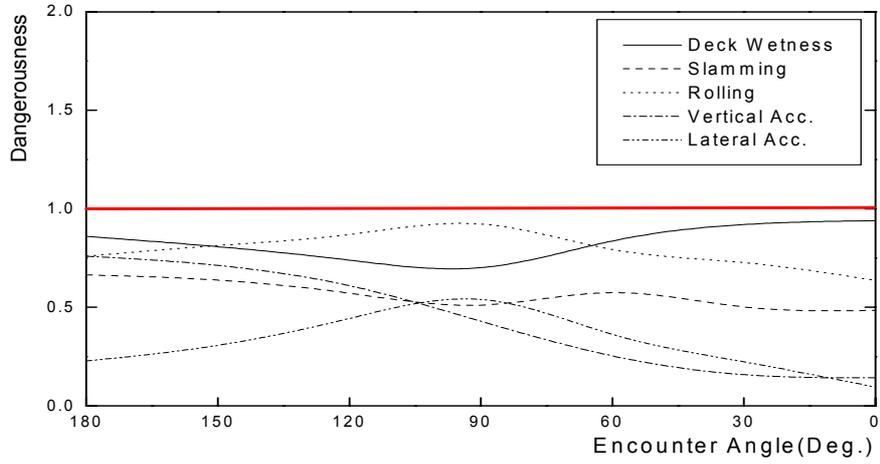
<그림 4-17>~<그림 4-20>에서 알 수 있는 바와 같이 모든 만남각에 대하여 위험도가 1보다 작아 안전하게 평가되었다. 평수구역 제8구는 다른 평수구역에 비하여 평균유의파고가 가장 높은 지역으로 위험도도 가장 높게 평가되었다. 선수파 부근에서는 상가속도와 슬래밍이, 횡파 부근에서는 횡동요와 좌우가속도가 다른 내항성능 평가요소에 비하여 위험도가 상대적으로 높게 평가되었으며, 특히 Type C 선박은 위험도가 거의 1에 가까워 위험함을 알 수 있다.



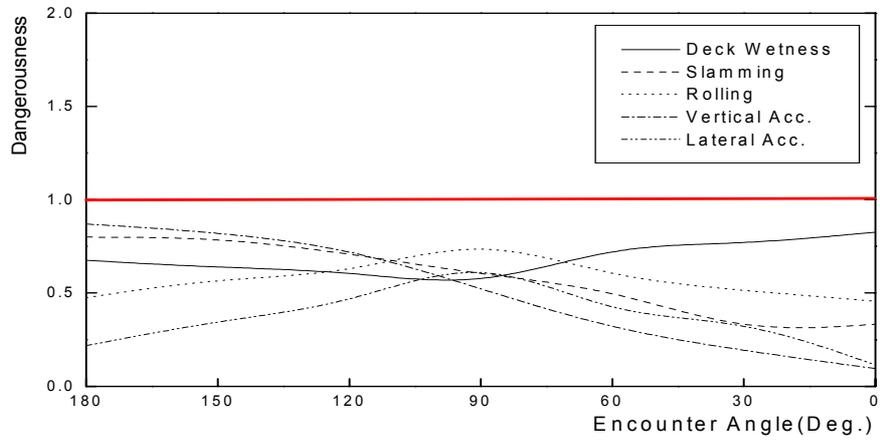
<그림 4-17> 제8구 내항성능 평가요소의 위험도(Type A, $H_{1/3}=1.3\text{m}$)



<그림 4-18> 제8구 내항성능 평가요소의 위험도(Type B, $H_{1/3}=1.3\text{m}$)



<그림 4-19> 제8구 내항성능 평가요소의 위험도(Type C, $H_{1/3}=1.3\text{m}$)

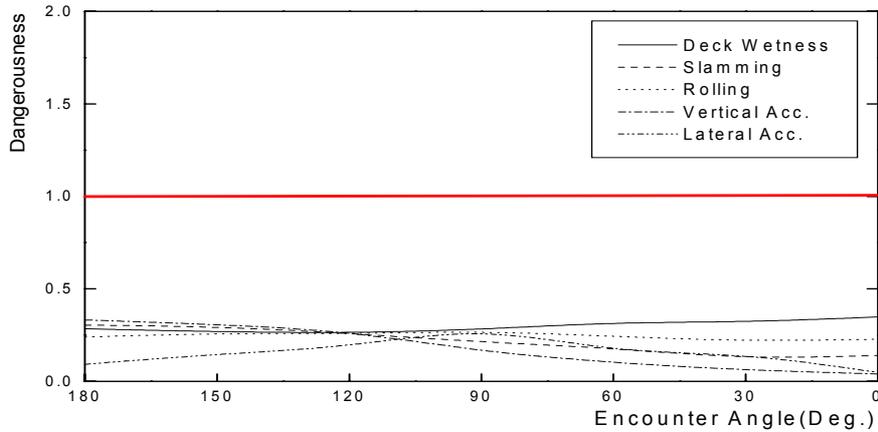


<그림 4-20> 제8구 내항성능 평가요소의 위험도(Type D, $H_{1/3}=1.3\text{m}$)

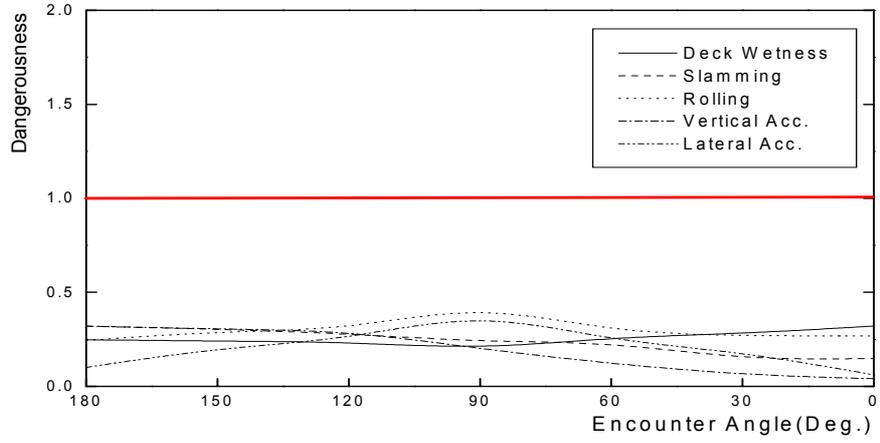
4.2.6 평수구역 제9구

평수구역 제9구 내에 위치하고 있는 9-4지점은 <표 2-22>에서 보듯이 여름철 평균유의파고가 0.2m로 Beaufort Scale of Wind Force 2 이하의 그다지 높지 않은 파고의 분포를 보인다.

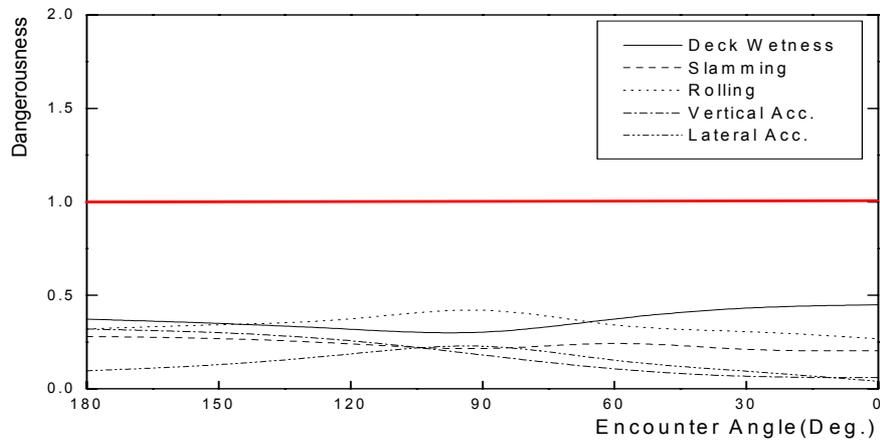
<그림 4-21>~<그림 4-24>에서 알 수 있는 바와 같이 모든 만남각에 대하여 위험도가 1보다 작아 안전하게 평가되었다. 평수구역 제9구는 다른 평수구역에 비하여 평균유의파고가 가장 낮은 지역으로 위험도도 가장 낮게 평가되었다.



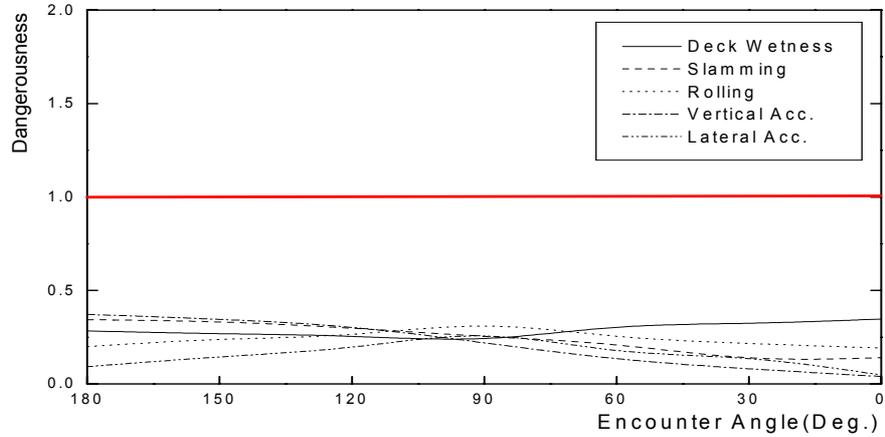
<그림 8-21> 제9구 내항성능 평가요소의 위험도(Type A, $H_{1/3}=0.2\text{m}$)



<그림 4-22> 제9구 내항성능 평가요소의 위험도(Type B, $H_{1/3}=0.2m$)



<그림 4-23> 제9구 내항성능 평가요소의 위험도(Type C, $H_{1/3}=0.2m$)

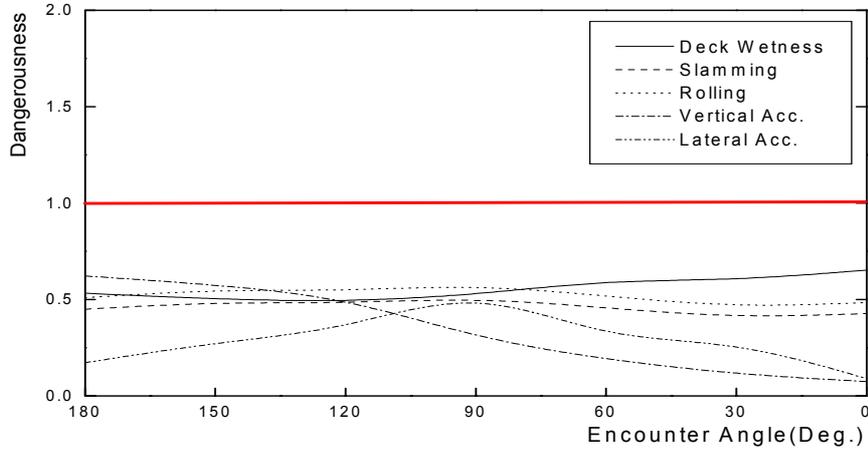


<그림 4-24> 제9구 내항성능 평가요소의 위험도(Type D, $H_{1/3}=0.2m$)

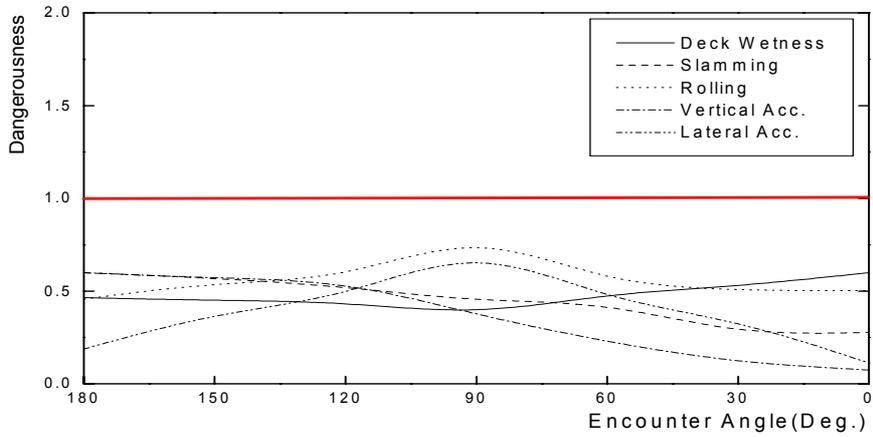
4.2.7 평수구역 제10구

평수구역 제10구 내에 위치하고 있는 10-1지점은 <표 2-25>에서 보듯이 여름철 평균유의파고가 0.8m로 Beaufort Scale of Wind Force 3~4에 상당하는 해상상태이다.

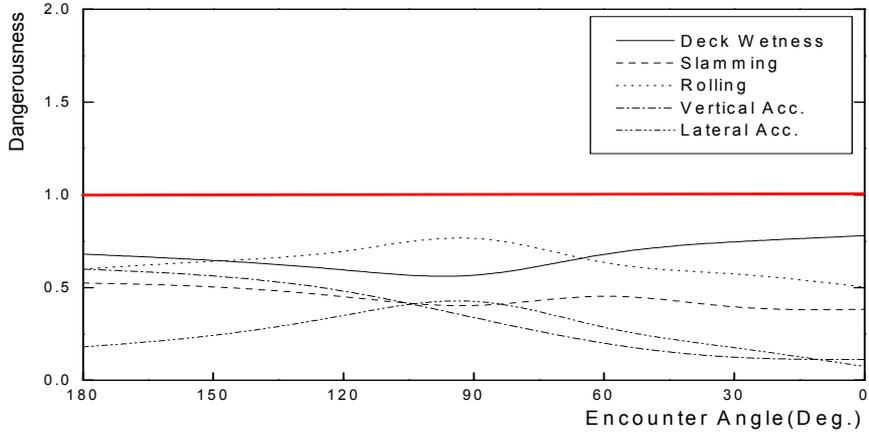
<그림 4-25>~<그림 4-28>에서 알 수 있는 바와 같이 모든 만남각에 대하여 위험도가 1보다 작아 안전하게 평가되었다. 선수와 부근에서는 상하가속도와 슬래밍이, 횡과 부근에서는 횡동요와 좌우가속도가 다른 내항성능 요소에 비하여 위험도가 상대적으로 높게 평가되었다.



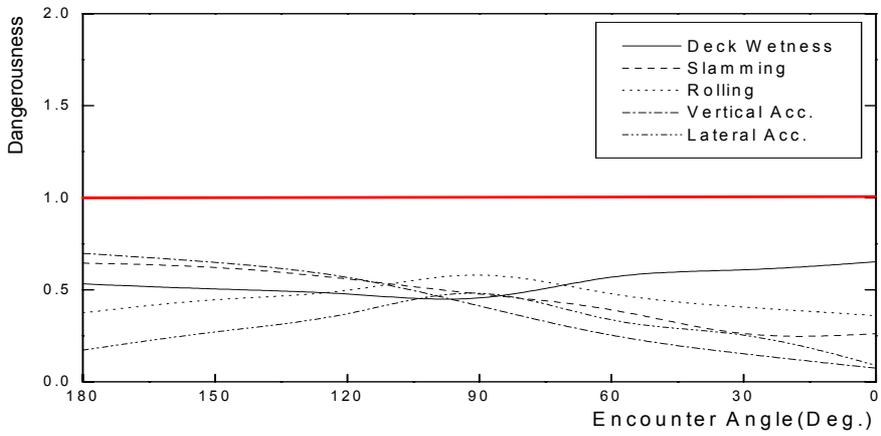
<그림 4-25> 제10구 내항성능 평가요소의 위험도(Type A, $H_{1/3}=0.8m$)



<그림 4-26> 제10구 내항성능 평가요소의 위험도(Type B, $H_{1/3}=0.8m$)



<그림 4-27> 제10구 내항성능 평가요소의 위험도(Type C, $H_{1/3}=0.8m$)

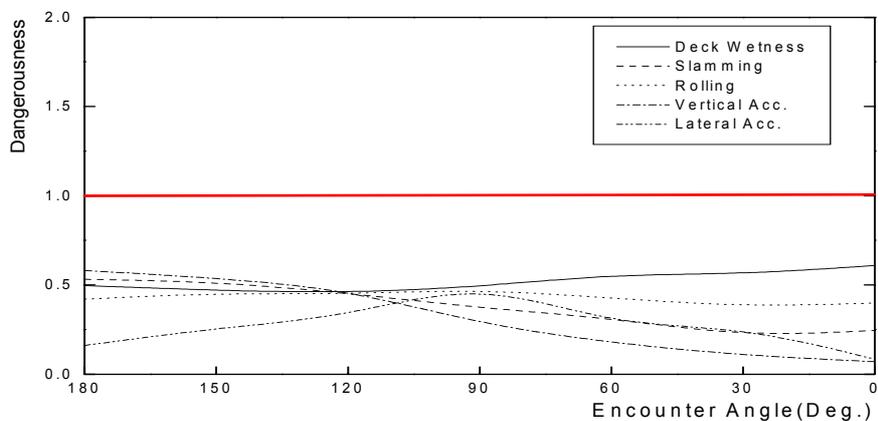


<그림 4-28> 제10구 내항성능 평가요소의 위험도(Type D, $H_{1/3}=0.8m$)

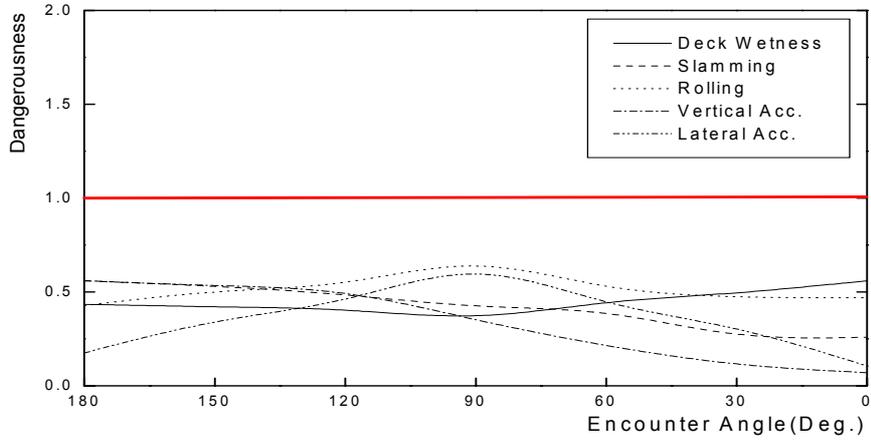
4.2.8 평수구역 제11구

평수구역 제11구에 위치하고 있는 11-1지점은 <표 2-30>에서 보듯이 겨울철 평균유의파고가 0.5m로 Beaufort Scale of Wind Force 2~3의 그다지 높지 않은 파고의 분포를 보인다.

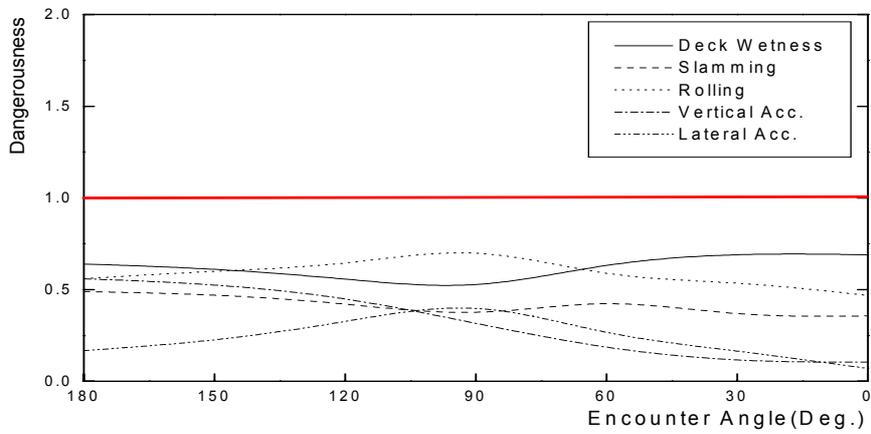
<그림 4-29>~<그림 4-32>에서 알 수 있는 바와 같이 모든 만남각에 대하여 위험도가 1보다 작아 안전하게 평가되었다. 평수구역 제11구는 다른 평수구역에 비하여 평균유의파고가 비교적 낮은 지역으로 위험도가 전반적으로 낮게 평가되었다. 선수와 부근에서는 상하가속도와 슬래밍이, 횡과 부근에서는 횡동요와 좌우가속도가 다른 내항성능 요소에 비하여 위험도가 상대적으로 높게 평가되었다.



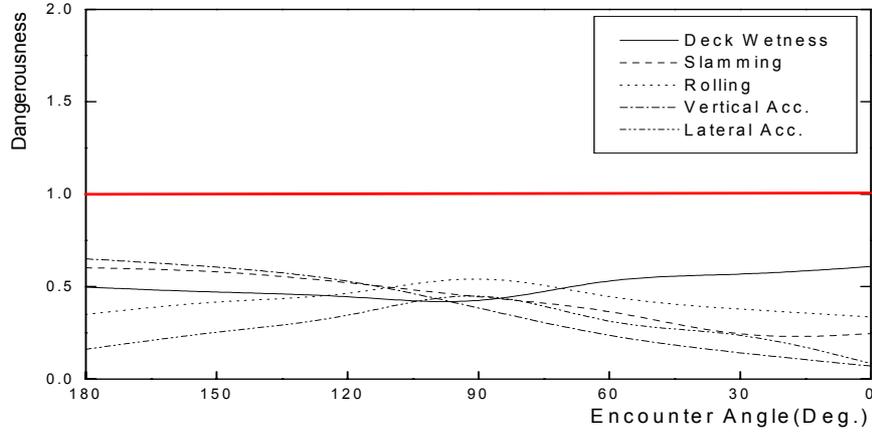
<그림 4-29> 제11구 내항성능 평가요소의 위험도(Type A, $H_{1/3}=0.5\text{m}$)



<그림 4-30> 제11구 내항성능 평가요소의 위험도(Type B, $H_{1/3}=0.5m$)



<그림 4-31> 제11구 내항성능 평가요소의 위험도(Type C, $H_{1/3}=0.5m$)



<그림 4-32> 제11구 내항성능 평가요소의 위험도(Type D, $H_{1/3}=0.5m$)

4.3 선형별 항해 안전성 평가

4.3.1 Type A 선박

<그림 4-1,5,9,13,17,21,25,29>은 주요 모델 선박 중 LBP가 47m인 250톤급 여객훼리의 위험도를 나타낸 것이다.

모든 해상 상태에서 위험도가 1을 넘지 않아 안전한 것으로 평가되었으나, 해상 상태가 나빠짐에 따라 Head Sea 부근에서는 상하 가속도와 Slamming이 다른 내항성능 평가요소에 비하여 위험도가 상대적으로 높게 나타났다.

4.3.2 Type B 선박

<그림 4-2,6,10,14,18,22,26,30>은 LBP가 38.4m인 140톤급 여객훼리의 위험도를 나타낸 것이다.

모든 해상 상태에서 위험도가 1을 넘지 않아 안전한 것으로 평가되었으나, 해상 상태가 나빠짐에 따라 Head Sea 부근에서는 상하 가속도와 Slamming이 다른 내항성능 평가요소에 비하여 위험도가 상대적으로 높게 나타나고, Beam Sea 부근에서는 횡동요와 좌우 가속도의 위험도가 높게 나타남을 알 수 있다.

특히, Beam Sea에서는 다른 선형의 선박과 비교하여 내항성능 평가요소 중 횡동요와 좌우 가속도의 위험도가 높게 나타남을 알 수 있다.

4.3.3 Type C 선박

<그림 4-3,7,11,15,19,23,27,31>은 주요 모델 선박 중 LBP가 28m인 80톤급 여객훼리의 위험도를 나타낸 것이다.

모든 해상 상태에서 위험도가 1을 넘지 않아 안전한 것으로 평가되었으나, 해상 상태가 나빠짐에 따라 Head Sea 및 Following Sea 부근에서는 갑판 해수침입이 다른 내항성능 평가요소에 비하여 위험도가 상대적으로 높게 나타나고, Beam Sea 부근에서는 횡동요의 위험도가 높게 나타남을 알 수 있다.

Type C 선박은 대상선박 중 가장 소형으로, 다른 선박에 비하여 위험도가 상대적으로 높게 평가되었다.

4.3.4 Type D 선박

<그림 4-4,8,12,16,20,24,28,32>은 LBP가 43m인 280톤급 여객훼리의 위험도를 나타낸 것이다.

모든 해상 상태에서 위험도가 1을 넘지 않아 안전한 것으로 평가되었으나, 해상 상태가 나빠짐에 따라 Head Sea 부근에서는 상하 가속도와 Slamming이 다른 내항성능 평가요소에 비하여 위험도가 상대적으로 높게 나타나고, Beam Sea 부근에서는 횡동요의 위험도가 높게 나타남을 알 수 있다.

제 5 장 결 론

한국의 연안 해역을 항해하는 대표적인 선형의 여객선들을 대상으로, 이들 선박이 취항하고 있는 해역의 기상 데이터를 입력하여, 개개의 내항성능 평가요소들의 위험도를 이용하여 선박 전체의 항해 안전성을 평가하였다.

이상의 연구 결과를 종합하여 요약하면 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

- (1) 대상 해역별 항해 안전성 평가 결과를 바탕으로 보다 현실성 있는 여객선의 운항관리가 가능하게 되었다.
- (2) 기상 악화시, 해당 선박에 대하여 그 당시의 기상을 실시간으로 입력하여 내항성능 및 운항 안전성을 평가한 후, 출항 여부를 결정함으로써, 보다 합리적이고 정량적인 선박의 출항통제가 가능하게 되었다.
- (3) 어떠한 여객선을 임의 항로에 투입하고자 할 때, 해당 항로에 투입할 선박의 운항특성을 파악하는데 본 연구를 바탕으로 시뮬레이션 할 수 있으며, 또한 선박의 기초설계에도 그 운항특성 결과를 적용할 수 있다.

본 연구는 내항성능 평가요소들의 개개의 위험도를 이용하여 평가하였으나, 한 개의 평가요소만을 계측하여 선박 전체의 안전성을 평가할 수 있는 내항성능지표에 관한 연구가 계속 되어야 할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] 中村彰一, “耐航性の諸要素”, 第1回耐航性に關するシンポジウム,
日本造船學會, 1969.
- [2] 인터넷 - 해양경찰청 (<http://www.nmpa.go.kr/>).
- [3] 해양수산부, 항행구역 합리적 조정을 위한 기초연구 용역 최종보고서,
2000.
- [4] 山内保文, 不規則現象論, 海文堂, 1986.
- [5] 김순갑, “선박의 파랑중 내항성능 평가에 관한 연구”, 한국항해학회지,
제11권, 제1호, 1987, p 67-91.
- [6] Lloyd, A.R.J.M., Seakeeping, Ship Behaviour in Rough Weather,
Ellis Horwood Ltd., 1989.
- [7] Lewis, E.V., “Principles of Naval Architecture”, SNAME, 1988.
- [8] Lewis, E.V., “The Status of Merchant Ship Seakeeping Research”,
ATTC, 1980.
- [9] Nakamura, S. and Hosoda, R., “A Method for Predicting the Power
in a Seaway”, ITTC, 1975.
- [10] Ochi, M.K. and Motter, L.E., “Prediction of Slamming Characteristic
and Hull Responses for Ship Design”, SNAME, 1973.
- [11] Bishop, R.E.D., Price W.G. and Tam P.K.Y., “On the Dynamics of
Slamming”, RINA, 1978.

- [12] Aertssen, G. and Sluijs M.F., “Service Performance and Seakeeping Trials on a Containership” , RINA, 1972.
- [13] 細田龍介·黒井昌明, “最適航法” , 第2回耐航性に關するシンポジウム, 日本造船學會, 1977.
- [14] 高木又男·新井新一, 船舶·海洋構造物の耐波理論, 成山堂書店, 1996.
- [15] 日本造船研究協會, 超高速コンテナ船の耐航性に關する報告書, 1975.
- [16] 三根久·河合一, 信賴性·保全性の數理, 朝倉書店, 1982.
- [17] 김순갑·이충로, “선박의 종합내항성능 평가정보 제공시스템 개발” , 한국항해학회지, 제25권, 제3호, 2001, p 247-256.
- [18] 김순갑·이상민·이충로, “실시간 기상정보를 이용한 선박의 종합내항성능 평가에 관한 연구” , 한국항해학회지, 제22권, 제2호, 1998, p 23-32.
- [19] 김순갑·공길영, “선박의 항해중 종합내항성능지표에 관한 연구” , 한국항해학회지, 제21권, 제2호, 1997, p 1-9.
- [20] 기상청, 기상연보, 1995-1999.
- [21] 기상청, 자동 기상 관측 연보, 1995-1999.
- [22] 해운항만청, 장기 파랑 산출 자료집, 1996.
- [23] 인터넷 - 한국해양연구원 (<http://www.kordi.re.kr/>).

『 감사의 글 』

2002년은 저에게 새로운 희망을 가져다 주는 한 해였습니다. 한·일 월드컵과 대통령 선거 그리고 논문의 결실이 바로 그것입니다. 이제 ‘씨’ 하나가 떨어진 셈입니다. 이제부터 시작입니다. ‘세상에 억만금을 주어도 살 수 없다는 그 소중한 시간’을 되새기며, 지난날 고마웠던 사람들, 잊고 지냈던 사람들을 다시금 떠올리게 됩니다.

먼저 믿음으로써 격려해 주시고, 덕으로써 이끌어 주신 김순갑 지도 교수님께 진심으로 감사 드립니다. ‘끝’이 ‘시작’을 의미하는 세상에서 이 조그마한 결실은 저에게 학문을 새롭게 시작할 수 있는 용기와 희망을 가져다 주었습니다.

논문을 완성하는 동안 함께 실습선 한나라호에 승선하면서 많은 가르침과 또한 연구실 선배님으로서 적극 지원해 주신 공길영 교수님, 그리고 선장님으로 계시면서 논문을 세심하게 심사해 주시고 많은 격려를 해 주신 문성혁 교수님께도 깊은 감사를 드립니다.

그리고 이러한 결실을 맺을 수 있도록 소중한 자료를 제공해 주신 설동일 교수님과 한국선급의 박문수 선배님, 대우조선의 최우정 선배님, 정재용 선배님, 김진권 선배님, 조익순 동기님 그리고 논문 정리에 도움을 준 박대식, 정지선, 백희연 후배님께도 감사를 드립니다.

실습선에 있는 동안 선장님으로서 많은 가르침과 격려를 해 주신 허일 교수님, 김정만 교수님, 그리고 학위과정에서 많은 가르침과 격려를

해 주신 박상갑 교수님, 박진수 교수님, 윤종휘 교수님, 예병덕 교수님, 송재욱 교수님께 감사 드리며, 또한 항상 옆에서 격려해 주시고 많은 조언을 주신 이형기 일항사님께도 감사 드립니다.

이번 논문을 준비하는데 여러모로 연구실 가족들의 격려와 조언이 큰 힘이 되었습니다. 해기 연수원의 이충로 교수님, 감문상 선배님, 김병진 선배님, 김철승 선배님, 이종률 선배님, 김영두 후배님을 비롯한 모든 오아시스 가족 여러분께 감사 드리며, 그리고 항상 든든한 힘이 되어준 친구들, 윤대근, 박용출, 이재호, 최혁준, 김재민 동기님께도 감사 드립니다.

끝으로, 꾸준히 학업에 정진할 수 있도록 항상 격려해 주신 부모님께 진심으로 감사 드리며, 멀리서 격려해 주신 자형과 누님, 그리고 동생에게도 감사 드립니다.

2002년 12월 정 창 현