

# 완도 해역의 해수면 조건에 따른 파랑 변형 특성

전용호 · 윤한삼<sup>†</sup> · 김동환 · 김원석 · 김헌태

(부경대학교)

## Characteristics of Wave Propagation by Water Level Conditions at Wando Sea Area; Numerical Modeling

Yong-Ho JEON · Han-Sam YOON<sup>†</sup> · Dong-Hwan KIM · Won-Seok KIM · Heon-Tae KIM

(Pukyung National University)

### Abstract

The aim of this study was estimated the characteristics of the wave propagation by the water level conditions using a numerical modeling method at the Wando sea area. For three cases numerical simulation on the condition of incident and incoming of the deepwater design wave and the season normal wave, the spatial distribution of the incident wave at study area were investigated. And the calculated numerical modeling results were compared with measured field wave data. According to on-site wave data measured for 18 days, the range of the significant wave height and period were 0.10~1.14 m, 4.35~8.74 sec, respectively, and the maximum wave height were 0.15~1.66 m. From the results of numerical model for offshore design wave incident, the wave height attacked from Southern-East direction at this study area were over maximum 10.5 m because of rapidly change of water depth. Numerical modeling by three water level conditions of Approximate Lowest Low Water Level(Approx. L.L.W), Mean Sea Level(M.S.L) and Approximate Highest High Water Level(Approx. H.H.W) were practiced. From the results for the case of Approx. H.W.L, variations of wave height at the back area of islands were about 1.6 m at maximum value for the case of deepwater design wave incoming. The significant wave heights of winter season were bigger than summer under normal wave condition, the incident wave height over 5.5 m decreased by shielding effect of islands. The change of maximum wave height at summer season were distinct than winter and was about 1.2 m and 0.8 m, respectively.

*Key words : Wave Propagation, Water Level, Numerical Model Simulation, Wando Area, Deepwater Design Wave, Normal Incident Wave*

### I. 서론

우리나라 서남해안의 완도 해역은 [그림 1(a)]에 알 수 있듯이 크고 작은 섬들로 이루어져 북

잡한 지형을 가지며 외해 해양파랑에 안전한 해면 공간, 낮은 연안 수심 및 넓은 개펄이 분포한다. 하지만 다도해의 지형 특성을 가지면서도 외해 입사파랑의 영향을 직간접적으로 받고 있다.

<sup>†</sup> Corresponding author : 051-629-7375, yoonhans@pknu.ac.kr

\* 이 논문은 농림수산식품부(한국수산자원관리공단)의 연구비 지원으로 수행된 결과임.

특히, 서해로 북상하는 태풍의 경우 외해 입사방향과 풍향이 일치하는 시점에서 극치외력이 발생할 가능성이 높다(이경선 등, 2007).

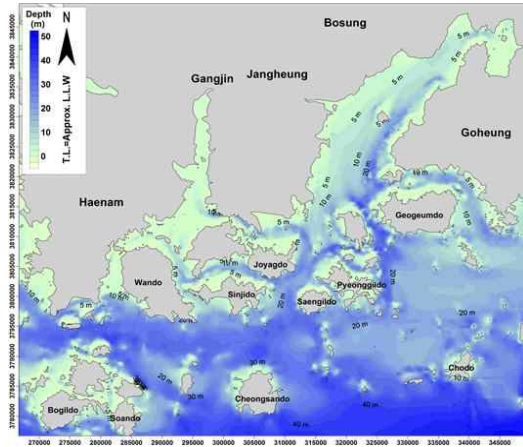
이로 인해 완도 해역의 경우, 다른 해역보다 상대적으로 적은 파랑에너지 밀도를 가지며, 24년간 총 평균 파랑에너지가 2~5kw/m의 값을 가지고 있다(송무석 등, 2004). 서남해안의 경우 동계에는 풍파에너지가, 하계에는 너울에너지가 지배적이라 할 수 있다(홍기용 등, 2004). 또한 해수면 상승이 계절별로 상이하여 하계에 상대적으로 높게 나타났다(오승열 등, 2012).

2010년 8월 6일~10일 기간 중에 내습한 태풍 무이파(Muifa)가 본 연구 대상해역에 영향을 미치고 인근 연안 양식장 시설에 큰 피해를 일으켜 특별재난지역으로 선포된 바가 있다. 하지만, 지역적으로 발생하는 해안범람 및 양식시설물의 파손에 미치는 해양외력환경에 대한 분석 및 이에 대한 대책수립은 전무한 실정이다. 이는 타 지역보다 1차 산업에 집중된 지역적 특성이 반영된 결과라고 할 수 있다.

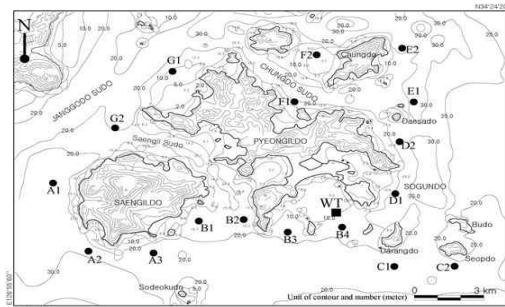
따라서 향후 외해양식어업의 발전(차일표 등, 2009)과 기 시설된 다수의 양식시설 및 해상 수송량을 고려할 때, 대상해역의 계절적인 해양파랑 분포와 이상파랑에 대한 연구가 절실하다. 최근 윤 등(2012)에 의해 대상해역에 대한 해양파랑특성을 조사 분석하고 태풍내습에 따른 파랑환경을 연구한 결과에 따르면, 태풍내습시 풍향과 파향은 S 및 W계열이 발달함으로써 바람이 해수를 해상에서 연안(해안)방향으로 수송하는 외력이 강화되는 것으로 보고한 바 있다. 또한 전 등(2012)은 완도 금일읍 주변해역에 대해서 최대 심해설계파고감소율은 약 38.1~47.6%, 평상파랑의 경우 41.8~49.1%로 예측한 바 있다.

하지만 전술한 연구결과의 경우 바람에 의한 풍랑에 중점을 두고 있으며, 조석 조건에 따른 해수면 조건이 상이한 경에 해양파랑의 전파와 천해에서의 파랑 변형에 대해서는 연구가 미흡한 실정이다.

이에 본 연구에서는 전술한 윤 등(2012)과 전 등(2012)의 후속 연구로서 연구대상해역에 대한 기존 현장 평상파랑 관측자료, 외해 거문도 해양부이 자료 비교, 해양파랑 수치모형실험을 통해 조석작용에 의한 해수면 조건에 따른 심해설계파 및 천해 평상파랑 내습에 따른 파랑 공간 분포를 살펴보고 이를 비교해 보고자 한다.



(a) 연구대상해역



(b) 파랑관측점

[그림 1] 연구대상해역(a) 및 파랑 관측점(b)

## II. 재료 및 방법

### 2.1 파랑변형 수치모형

본 연구에 사용된 SWAN(Simulationg waves nearshore, Booij et al, 1999) 모델은 천해 파랑의 발달과 전파를 목적으로 구성된 모델로서 천수

효과, 굴절 효과 그리고 바닥으로 부터의 마찰로 인한 에너지 감쇄 효과를 포함하고 있으며, 파랑 발달 과정에 대한 원천항은 3세대 모델인 WAM 모델과 동일한 식을 사용하고 있다. 또한 양해법을 사용한 WAM 모델과는 달리 음해법을 사용함으로써 비록 대규모 해역의 파랑 예보에는 비효율적이나 복잡한 해안과 지형을 표현하기 위하여 소규모 격자에서 모델 수행이 필요한 천해역에서는 효과적이다. 구축되어진 SWAN 모델의 Spectral actional balance 방정식은 다음과 같다.

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial c_x N}{\partial x} + \frac{\partial c_y N}{\partial y} + \frac{\partial c_\sigma N}{\partial \sigma} + \frac{\partial c_\theta N}{\partial \theta} = \frac{S_{tot}}{\sigma} \quad (1)$$

여기서  $N$ 은 파랑작용밀도(Action density),  $c_x$ ,  $c_y$ 는  $x$ ,  $y$  공간에서  $N$ 의 이동속도,  $c_\sigma$ 와  $c_\theta$ 는 각각  $\sigma$ 와  $\theta$  공간에서의  $N$ 의 속도를 나타내며 수심과 흐름의 변화로 인한 상대 주파수의 변화와 굴절 효과를 포함하고 있다.  $S_{tot}$ 는 파랑에너지의 발생(Generation) 및 감쇄(Dissipation), 그리고 재분배(Redistribution)에 관련된 모든 물리적 과정들을 포함한 원천항(Source/sink terms)을 의미한다. 이때  $N$ 은 식(2)에서와 같이 파랑에너지 밀도(Wave energy density)를 상대 주파수로 나눈 값을 나타낸다.

$$N(\sigma, \theta) = \frac{E(\sigma, \theta)}{\sigma} \quad (2)$$

식 (1)의 우변항  $S_{tot}$ 는 천해에서의 파의 성장과 소멸에 관한 항들을 포함하고 있으며, 식 (3)과 같다.

$$S_{tot} = S_{\infty} + S_{nl3} + S_{nl4} + S_{ds.w} + S_{ds.b} + S_{ds.br} \quad (3)$$

원천항  $S_{tot}$ 는 풍파발생( $S_{\infty}$ ), 파랑에너지의 비선형이동( $S_{nl3}$ ,  $S_{nl4}$ ), 백파(White-capping), 해저면 마찰 및 쇄파로 인한 에너지 감쇄( $S_{ds.w}$ ,  $S_{ds.b}$ ,  $S_{ds.br}$ )에 해당한다.

SWAN 모델을 수행하면 각 격자에서 파랑에너지 밀도가 계산되며, 이 에너지 밀도로부터 아래 식들과 같이 유의파고  $H_s$ , 평균주기  $T_m$ , 평균파향(Dir.)이 계산되어 진다.

$$H_s = 4 \sqrt{\iint E(\omega, \theta) d\omega d\theta} \quad (4)$$

$$T_m = 2\pi \left[ \frac{\iint \omega E(\omega, \theta) d\omega d\theta}{\iint E(\omega, \theta) d\omega d\theta} \right]^{-1} \quad (5)$$

$$Dir = \arctan \left[ \frac{\int \sin(\theta) E(\sigma, \theta) d\sigma d\theta}{\int \cos(\theta) E(\sigma, \theta) d\sigma d\theta} \right] \quad (6)$$

## 2.2 실험 조건

완도 해역은 [그림 1(a)]에 알 수 있듯이 크고 작은 섬들로 이루어져 복잡한 지형을 가지며 연안 내만으로의 해양에너지 유입을 명확히 재현하기 위해서는 계산격자 간격을 결정하는 것이 매우 중요하다. 본 연구에서는 지난 태풍시 양식시설물의 파괴를 초래한 해역이 내만에 위치하지 않고 외해와 인접한 연안임을 감안하여 광역개념의 계산격자망을 구성하였다. 이에 수치모형의 구성은 <표 1>과 같이 200 m 등방격자를 가진 83 km×72.2 km 모형영역을 구축하고, 수심데이터는 최신 해도(No. 202, 221a, 232, 142)를 사용하였다[그림 1(b)]. 완도해역의 경우는 복잡한 해안선, 많은 섬들로 인한 차폐영역이 많은 해역으로 수심도 최대 50 m 정도이다.

실험 수위 조건은 완도 및 초도에서 관측되어진 값을 사용하였는데, 산술평균한 약최고고저면(H.W.L)은 3.84 m, 평균해면(M.S.L)은 1.92 m, 약 최저저조면(L.W.L)은 0 m를 고려하였다<표 1>.

입사파 제원은 50년 재현빈도의 심해설계파 조건을 대상으로 하였으며, 한국해양연구원(2005)에서 제시한 대상 해역 인접 격자점들의 값을 바탕으로 SE, SSE, S, SSW, SW의 총 5개 대표 파향에 파랑제원을 산출하였다. 산출되어진 심해파랑제원을 바탕으로 수치실험을 수행하였다<표 2>.

또한 천해 평상파랑 조건은 거문도 해양관측부이에서 계측된 최근 10년간(2001년 1월~2010년 12월)의 자료를 수집·분석하여 동계 및 하계에 대해서 <표 2>와 같이 파랑제원을 산출하였다(기상

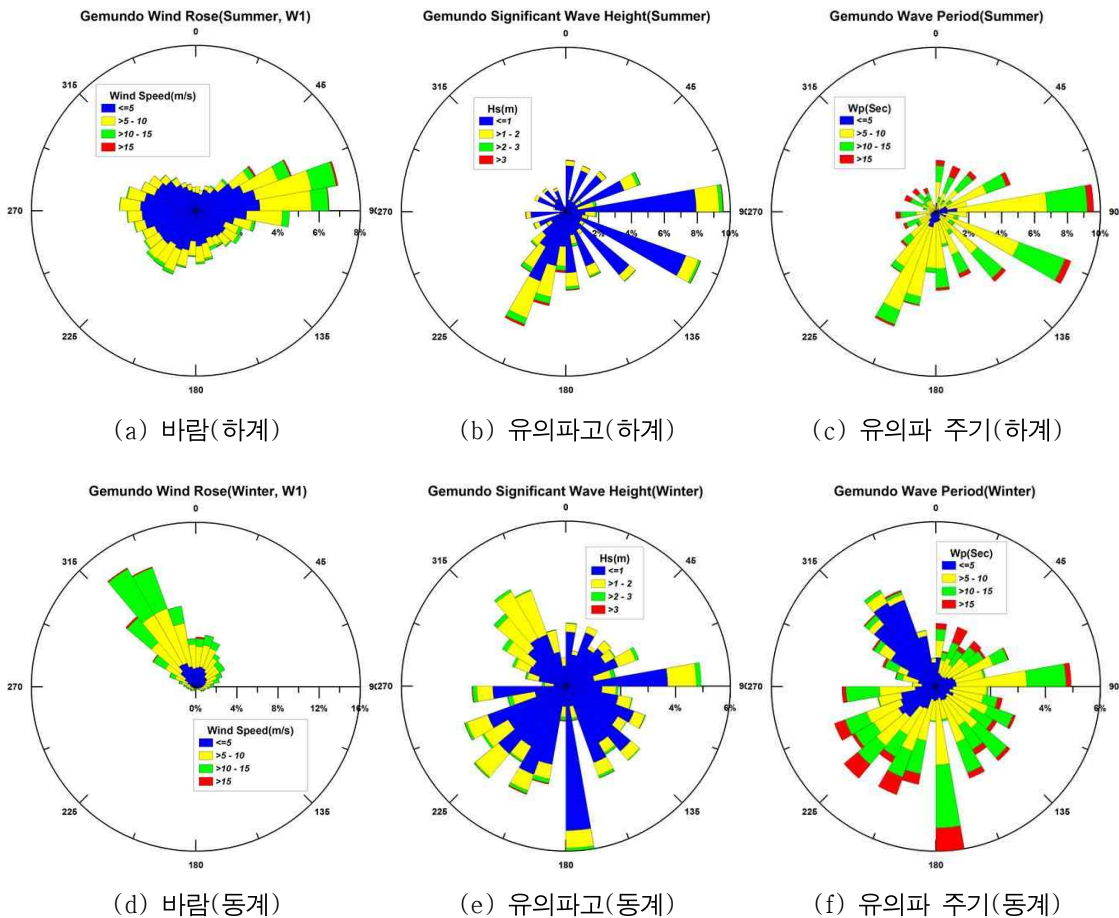
<표 1> 파랑변형 수치실험 모형 및 개요

적용 모델		SWAN Version 40.72 (Delft University)
격자 구성	제원	50년 빈도 심해설계파 (해양연구원, 2005.12)
	영역	83 km × 72.2 km
	격자간격	200 m 등방격자
	격자수	149,815개 (491×418)
기준 해수면 (완도 및 초도)		약최고고조위: 3.84 m 평균해면: 1.92 m

<표 2> 실험 파랑 제원 및 실험안 선정

Case I		50년 빈도 심해설계파 (한국해양연구원, 2005)				
심해설계파	파향	SE	SSE	S	SSW	SW
	유의파고 (m)	11.03	9.92	8.67	8.45	5.75
	유의파 주기(sec)	15.30	14.19	12.74	12.96	11.06
Case II		하계			동계	
평상파	파향 (deg.)	90	123	213	83	178
	유의파고 (m)	4.2	3.9	6.0	2.7	4.2
	유의파 주기(sec)	11.8	9.1	10.7	8.0	9.1

청, 2011). 연중 자료에서 동계(12월~3월) 및 하계(6월~9월)의 자료를 대상으로 선정하였으며, 바람의 경우 유의파고 발생시점의 값에 해당한다. 이를 바탕으로 동계 및 하계시 각각 3개의 주파향



[그림 2] 거문도 관측소의 동계 바람, 유의파고 및 주기 관측결과

을 결정하였다. 천해 평상파랑 파향은 하계시 90°, 123°, 213°, 동계시 83°, 178°, 221°에 해당한다. 유의파 주기는 대체로 5~20 sec의 범위를 가지며, S 방향에서 입사하는 파랑이 주기가 큰 것으로 나타났다.

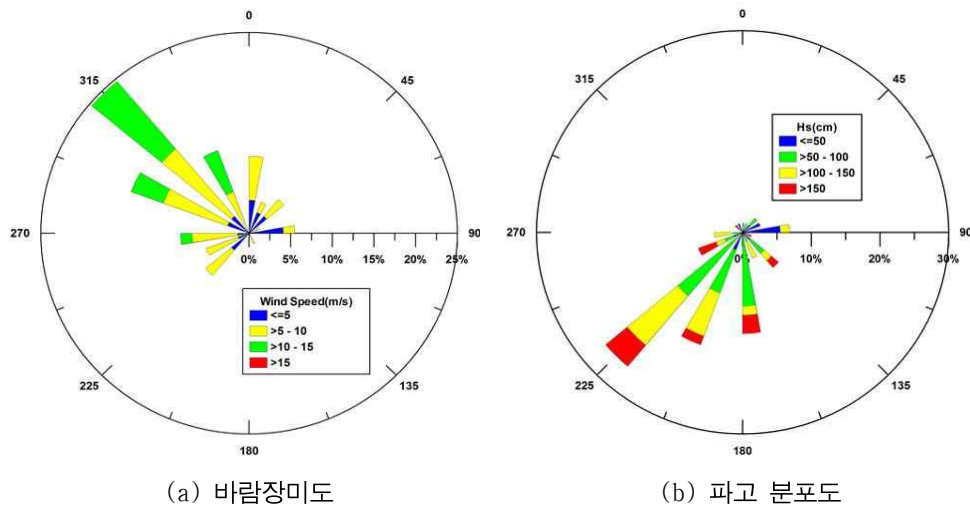
완도해역의 천해 평상파 내습 특성을 파악하기 위하여 거문도 해양부이에서 관측된 하계 및 동계의 바람장미도를 나타낸 것이 [그림 2]이다.

하계 바람 및 파랑의 분포를 낸 [그림 2(a)]~[그림 2(c)]에서 하계의 경우 ENE계열의 바람이 주를 이루었고, 풍속은 5~10 m/s가 주였다. 유의파고의 경우, E 및 SSW계열에서 입사하는 파랑이 주를 이루었으며, 2 m 이내 파랑이 탁월하였다. 유의파주기의 경우, S계열에서 입사하는 파랑보다 E계열에서 입사하는 파랑이 주기가 긴 것으로 나타났다. 또한 동계 바람 및 파랑의 분포를 나타낸 [그림 2(d)]~[그림 2(f)]에서 NW계열의 바

람이 주를 이루었고, 주된 풍속은 5~15 m/s이었다. 유의파고의 경우, S계열에서 입사하는 2 m 이내의 파랑이 주를 이루었다. 유의파주기의 경우, NW계열에서 입사하는 파랑보다 S계열에서 입사하는 파랑이 주기가 긴 것으로 나타났다. 이는 외해로부터 입사하는 파랑이 너울의 형태로 전파하여 천해로 입사하는 특성을 보여주고 있다.

### 2.3 실험 검증

본 연구에 사용되어진 수치모형의 검증으로 거문도 부이에서 관측된 자료와 금회 현장관측 자료를 비교하였다. [그림 3]는 거문도 부이에서 관측된 바람 및 파랑의 자료이다. 계산 기간은 금회 현장관측된 기간과 같은 2011년 3월 13일~31일의 결과이다.



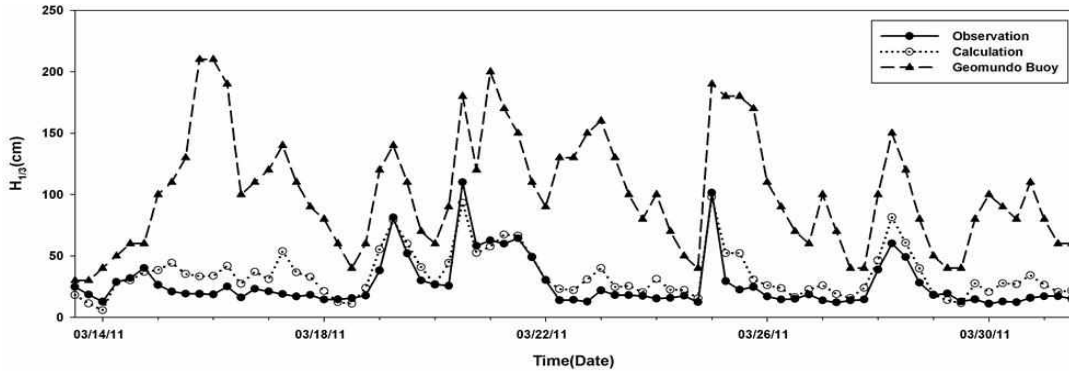
[그림 3] 거문도 해상부이의 바람장미도 및 파향에 따른 파고 분포도(2011. 3. 13~ 31)

바람은 NW계열이, 입사파랑은 SW계열이 우세하게 나타났다. 또한, 완도 전면해역인 [그림 1(b)]의 관측정점(WT)에서 평상시 18일간의 현장파랑관측을 실시한 결과, 유의파고, 최대파고, 평균주기의 범위는 각각 0.10~1.14 m, 0.15~1.66 m,

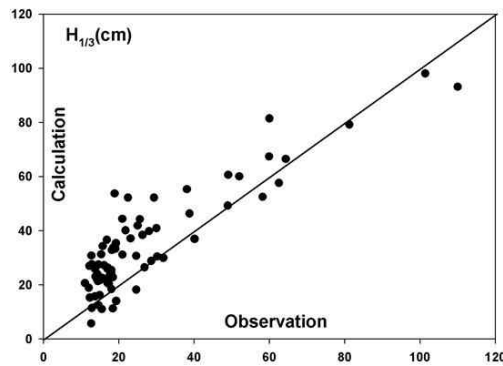
4.35~8.74 sec이었다. 이를 바탕으로 일별 0h, 6h, 12h, 18h에 대하여 거문도 해상부이 관측자료, 현장관측치 및 수치실험 유의파고의 계산결과치를 비교한 것이 [그림 4]와 [그림 5]이다. [그림 4]의 결과를 살펴보면 거문도 해상부이 관측 유

의 파고가 최대 약 2.1 m를 상회하나, 대상해역 관측정점에서의 내습파랑은 0.5 m 내외의 다소 정온상태를 나타내고 있음을 알 수 있다. 하지만 3월 19일, 20일 및 25일의 경우 파고 1.0 m 정도의 파랑이 내습하는 것을 알 수 있다. 이는 거문

도 해상부이의 내습파랑에너지가 연안으로 감쇠 없이 전파해오는 상황으로 생각할 수 있다. 아울러 수치계산결과와 현장관측치와의 비교에서는 [그림 5]에서와 같이 다소 계산치가 현장관측치보다 크게 계산되어지는 것을 알 수 있다.



[그림 4] 거문도 해상부이 자료, 현장관측치 및 수치실험 유의파고의 비교(2011. 3. 13~ 31)



[그림 5] 현장 관측치 및 수치실험계산치와의 유의파고 비교(2011. 3. 13~ 31)

### Ⅲ. 결과 및 고찰

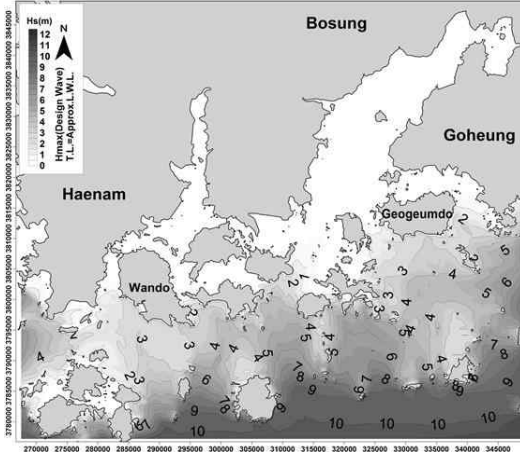
#### 3.1 심해설계파 수치모의 결과

완도해역의 SE, SSE, S, SSW, SW계열의 총 5개 대표 파향에 대하여 심해설계파 수치모의를 수행하고 약최고저조위, 평균해면 및 약최고고조위의 해수면 조건하에서의 격자점별 최대 계산파고값을 산출하여 도시한 것이 [그림 6]이다.

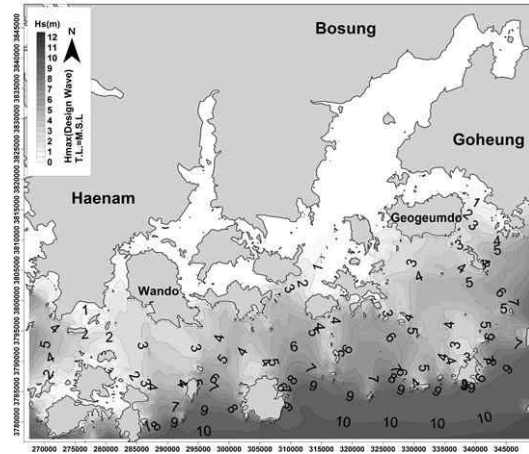
결과적으로 완도해역의 경우, 수심 변화가 심하여 약최고저조위, 평균해면과 약최고고조위 값이 대상지역 전면에서 약 0.3 m의 값이 나타났다. 결과에서 SE계열 방향으로부터 입사한 파랑은 외해에서 최대 10.5 m 이상의 파고가 산출되었으나, 섬의 차폐효과에 의해 섬을 지나면서 파고가 급격하게 감소하였다. 해수면 조건에 따른 파고의 변화를 살펴보기 위하여 약최고고조위의 최대파고에서 평균해면 최대파고를 뺀 결과와 약

최고고조위의 최대파고에서 약최저조위의 최대 파고를 뺀 결과를 나타낸 것이 [그림 7]이다. 섬 배후면에서 파고가 상대적으로 크게 나타났으며,

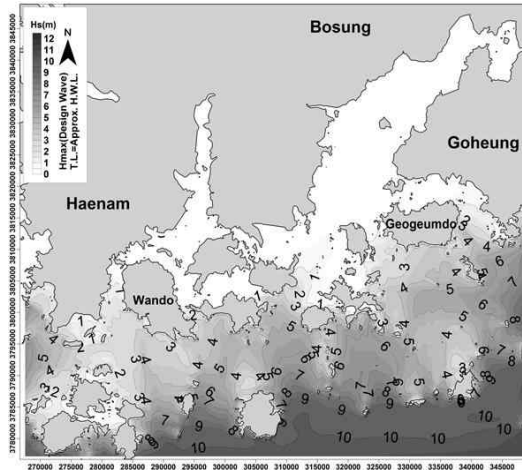
이는 입사하는 파랑의 회절 효과가 해수면 낮은 경우에 큰 것을 알 수 있다. 해수면에 대한 최대 파고의 변화가 최대 160 cm까지 나타났다.



(a) 약최저조위



(b) 평균해면



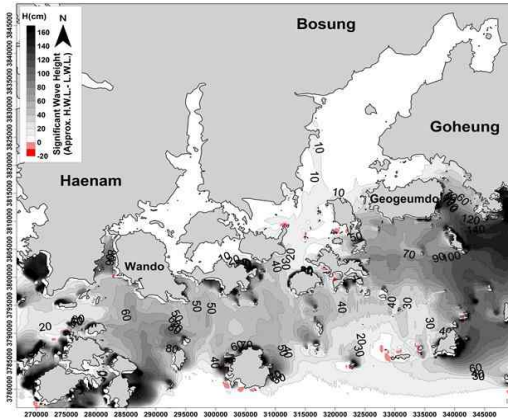
(c) 약최고고조위

[그림 6] 완도해역 심해설계파랑 내습시 해수면 조건하에서의 등파고선도

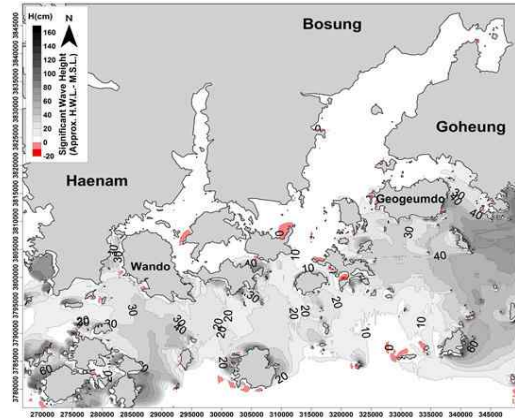
### 3.2 평상파 수치모의 결과

완도해역의 계절별과 약최저조위, 평균해면 및 약최고고조위의 해수면 조건에 따른 격자점별 최대 계산파고값을 산출하여 도시한 것이 [그림 8]이다. 하계 수치모의 결과에서 유의파고 5.5 m

이상의 입사파랑이 내습한 후, 섬의 차폐효과에 의해 섬을 지나면서 파고가 급격하게 감소하여 대상해역에서 3.8 m로 감소하는 것으로 나타났다. 평균해면 조건의 경우, 평길도와 생길도 전면 해역에서 하계에 3.5~3.8 m, 동계에 2.3~2.7 m로 나타났다. 또한 약최고고조위 조건의 경우 하계

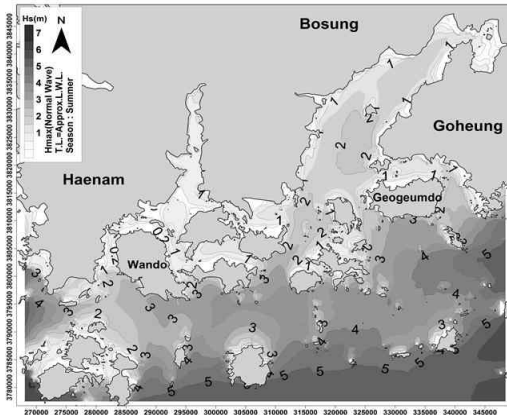


(a) 약최고고조위-약최저저조위

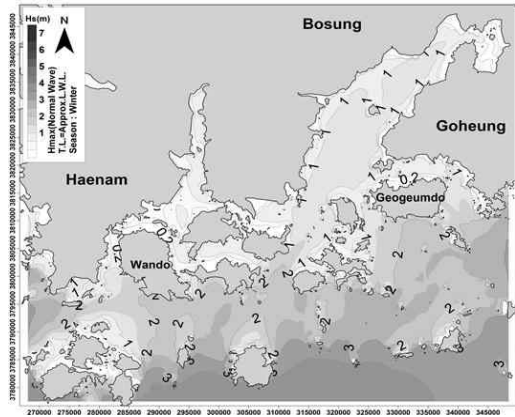


(b) 약최고고조위-평균해면

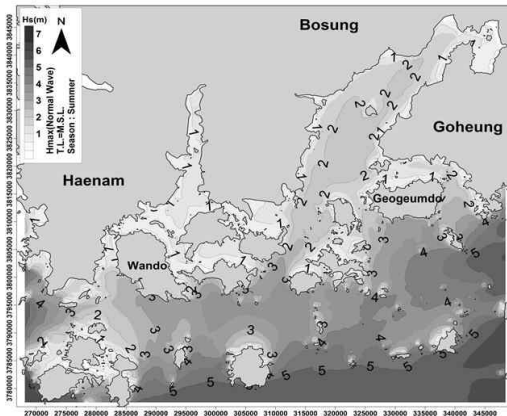
[그림 7] 해수면 조건에 따른 심해설계파랑의 파고치 변화(차이)



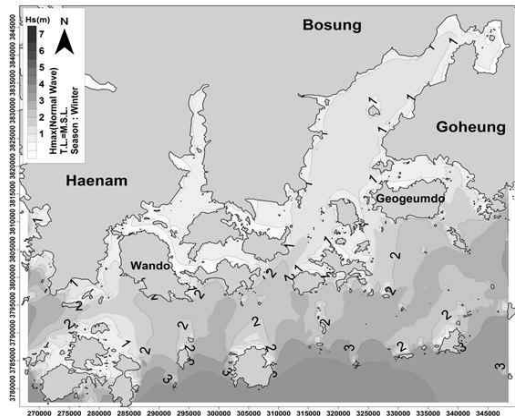
(a) 약최저저조위(하계)



(b) 약최저저조위(동계)



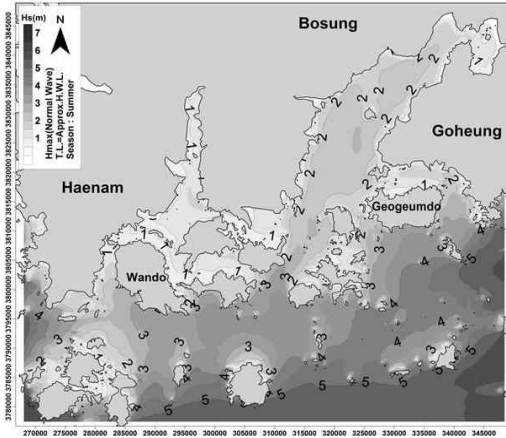
(c) 평균해면(하계)



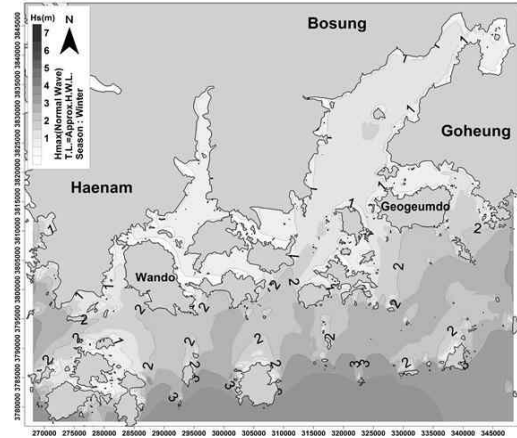
(d) 평균해면(동계)



완도 해역의 해수면 조건에 따른 파랑 변형 특성



(e) 약최고고조위(하계)



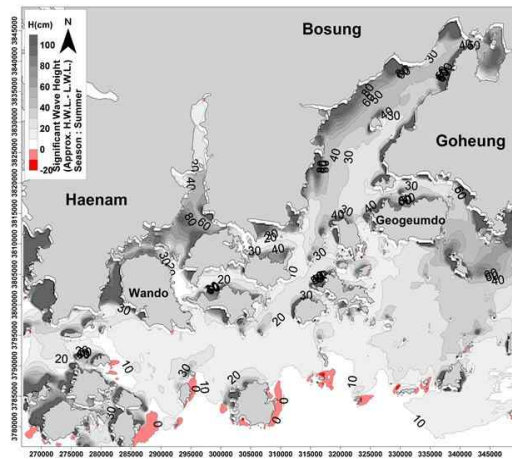
(f) 약최고고조위(동계)

[그림 8] 완도해역 천해 평상파랑 내습시 해수면 조건하에서의 하계 최대 평상파랑 등파고선도

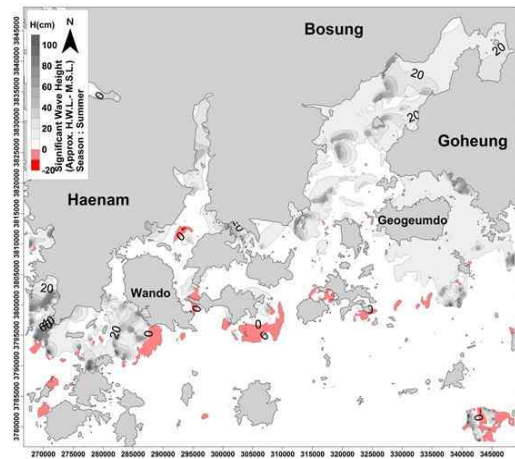
에서 3.6~4.0 m, 동계에서 2.3~2.7 m로 동계의 경우 평균해면과 유사하게 나타났다.

해수면 조건에 따른 파고의 변화를 살펴보기 위하여 하계 및 동계에서 약최고고조위의 최대파고에서 평균해면 최대파고를 뺀 결과 및 약최고고조위의 최대파고에서 약최저저조위 최대파고를 뺀 결과를 나타낸 것이 [그림 9]~[그림 10]이다.

동계의 변화보다 하계의 변화가 상대적으로 크게 나타났으며, 하계의 경우, 득량만 내에서의 최대 파고변화가 동계보다 뚜렷하게 나타났다. 이는 바람에 의한 영향으로 동계에는 NW계열이 하계에는 E, EN계열의 바람이 우세해서 나타나는 영향으로 판단된다. 하계에는 최대 120 cm, 동계에는 80 cm의 변화가 나타났다.

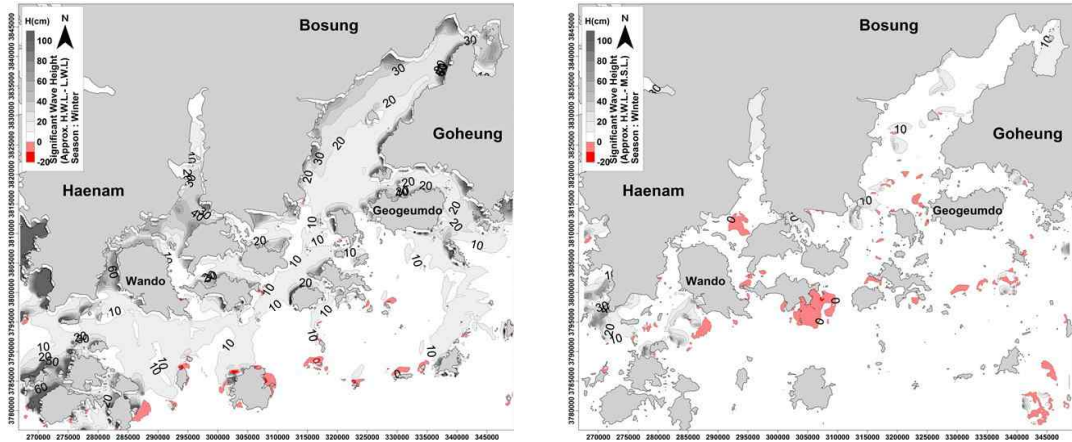


(a) 약최고고조위-약최저저조위



(b) 약최고고조위-평균해면

[그림 9] 해수면 조건에 따른 하계 천해 평상파랑의 파고차 변화(차이)



(a) 약최고고조위-약최저저조위

(b) 약최고고조위-평균해면

[그림 10] 해수면 조건에 따른 동계 천해 정상파랑의 파고 변화(차이)

#### IV. 결론

본 연구에서는 완도해역에서 해수면 조건에 따른 심해 및 천해파랑의 전파와 변형에 대하여 검토하고자 현장관측 및 수치모의를 수행하였다. 기존 현장 정상파랑 관측자료, 외해 거문도 해양부이 자료 비교, 해양파랑 수치모형실험을 통해 조석작용에 의한 해수면 조건과 심해설계파 및 천해 정상파랑 내습에 따른 파랑 공간 분포를 살펴보고자 하였다. 이를 통해 얻어진 주요 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 완도 전면해역에 평상시 18일간의 현장 파랑관측을 실시한 결과, 유의파고, 최대파고, 평균주기의 범위는 각각 0.10~1.14 m, 0.15~1.66 m, 4.35~8.74 sec이었다.

(2) 우리나라 서남해안 해역에 대해서 SWAN model을 이용하여 심해파 및 정상파 내습에 따른 파랑 공간분포를 살펴보기위한 해양파랑수치모형을 구축하였다.

(3) 심해설계파랑 내습시 완도해역의 경우 중심의 변화가 심하여 SE계열로부터 입사한 파랑에서 외해에서 최대 10.5 m 이상의 파고가 출현하였다.

(4) 심해설계파랑 내습시, 해수면 조건에 따른 파고의 변화에서 섬 배후면에서 파고의 차가 크게 나타났으며, 최대파고 변화가 최대 1.6 m까지 나타났다.

(5) 계절별 정상파랑 내습 조건하에서 동계가 하계보다 유의파고가 크게 나타났으며, 5.5 m 이상의 유의파가 입사한 파랑에서 섬의 차폐효과에 의해 섬을 지나면서 파고가 급격하게 감소하는 것으로 나타났다.

(6) 정상파랑 내습 조건하에서 해수면 조건에 따른 득량만 내에서 최대파고의 변화는 하계 최대 1.2 m, 동계 0.8 m의 변화가 나타났다.

이상의 연구결과를 요약하면, 태풍 내습시 약최고고조위 해수면 조건하에서 내습 파랑의 경우 평균해면 상태에서 내습 파랑보다 섬 배후에서 1.6 m이상 크게 발생하는 것을 알 수 있다. 이와 같은 결과는 양식시설 및 해양구조물의 설치 등 외력산정시 해수면 조건에 따라 구조물의 크기가 커져야 안정성을 제공할 수 있으며, 시설물의 배치시, 섬 배후면에서 시설하거나 연안에 인접하여 시설함으로써 태풍과 같은 극한 외력환경에 안전함을 시사한다.

본 연구에서 구축되어진 수치모형 및 심해, 천

해 내습파랑 산출 결과는 향후 양식시설, 연육교 등 해양구조물의 설치 및 배치 등을 위한 기초자

료로 활용될 수 있다.

### 참고 문헌

기상청(2011), <http://www.kma.go.kr>.

박순 · 윤한삼 · 박효봉 · 류승우 · 류청로(2009). SWAN 모델을 이용한 낙동강 하구역의 입사 파향별 파랑분포 특성, 한국해양환경공학회지 12(3), 188-196.

송무석 · 김도영 · 김민 · 홍기용 · 전기천(2004). 정기 수치모사 파랑자료를 바탕으로 한 한국해역의 파랑에너지밀도 분석, 한국해양환경공학회지 7(3), 152-157.

오승열 · 장선웅 · 김대현 · 윤홍주(2012). 원격탐사를 이용한 한반도 주변해역의 해수면/해수온의 시·공간변동 특성 연구, 수산해양교육연구 24(2), 333-345.

완도군청(2011), <http://www.wando.go.kr>.

유승협 · 박종숙(2010). 지역 파랑 예측시스템과 해양기상 부이의 파랑 특성 비교 연구, 한국해양공학회지 24(6), 7-15.

윤한삼 · 권준혁(2012). 태풍 무이파 내습시 서남해안 해양관측부이 기상파랑자료 비교 연구, 한국해양환경공학회지 15(3), 170-176.

이경선 · 김정태 · 류청로(2007). 태풍의 풍향특성을 고려한 천해파 산정에 관한 연구, 한국해양공학회지 21(1), 1-6.

전용호 · 윤한삼 · 김동환 · 김헌태(2012). 완도 금일읍 주변해역 해조류 양식장에 내습하는 해양파랑 특성, 한국해양환경공학회지 15(3), 177-185.

차철표 · 이광남 · 김민주(2009). 외해양식어업제도 도입을 위한 입법방안 연구, 수산해양교육연구 21(3), 335-346.

한국해양연구원(KORDI, 2005). 전해역 심해설계파 추정보고서 II.

홍기용 · 류황진 · 신승호 · 홍석원(2004). 파력발전 적지 선정을 위한 제주 해역 파랑에너지 분포특성 연구, 한국해양공학회지 18(6), 8-15.

Booij, N., Haagsma, IJ.G., Holtjuijsen, L.H., Kieftenburg, A.T.M.M., Ris, R.C., Van Der Westhuysen, A.J. and Zijlema, M.(2006). SWAN-User manual. Delft University of Technology, Environmental Fluid Mechanics Section, available from <http://www.fluidmechanics.tudelft.nl/swan/index.htm>.

Booij, N., Ris, R.C. and Holtjuijsen, L.H.(1999). A third-generation wave model for coastal regions, Part I, Model description and validation, J. Geophys. Res., Vol.104, C4, 7649-7666.

Booij, N., Ris, R.C and Holtjuijsen, L.H.(1999) A third-generation wave model for coastal regions, Part II, Verification, J. Geophys. Res., Vol.104, C4, 7667-7681.

- 
- 논문접수일 : 2012년 06월 08일
  - 심사완료일 : 1차 - 2012년 08월 01일  
2차 - 2012년 12월 17일
  - 게재확정일 : 2012년 12월 20일