

낙동강 하구역 해양물리환경에 미치는 영향인자 비교분석(II) - 춘계 국지 해양파랑과 기상인자 -

유창일* □윤한삼** □박효봉***

* 부경대학교 해양공학과, **, *** 부경대학교 해양산업개발연구소

Correlation between Spring Weather Factors and Local Wind Waves in the Nakdong River Estuary, Korea

Chang-Il Yoo* □Han-Sam Yoon** □Hyo-Bong Park***

* Dept. of ocean Engineering, Pukyong National University, Busan, 608-737, Korea

, * Research Center for Ocean Industrial Development, Pukyong National University, Busan, 608-737, Korea

요 약 : 본 연구는 낙동강 하구 주변해역의 파랑 특성을 분석하기 위해 2007년 춘계(4월, 5월)에 낙동강 하구 중앙 해상 지점에서 관측된 파랑자료와 기상청에서 운영하고 있는 거제도 해양기상 부이에서 동일시점에 관측된 결과와 비교 검증하고 관측기간동안의 두 지점에서의 기상인자(기압, 기온, 풍속 및 풍향)와의 상관성을 비교하였다. 이상에서 얻어진 결과는 다음과 같다. (1) 2007년 춘계(4월과 5월)의 거제도 해양기상 부이 파랑 관측자료가 최대파고 약 3-4m, 유의파고 약 2m, 주기 약 5-8sec의 범위에 해당하는 반면에 낙동강 하구에서의 파랑 관측자료는 파고가 대체적으로 1m미만의 상태로 정온한 상태를 보이며 주기는 4-7sec의 범위를 가진다. (2) 춘계 파랑 관측자료에서 바람에 의한 파랑 감쇄가 없을 경우 거제도 해양기상 부이에서부터 천수 또는 굴절에 의한 파랑변형의 효과로 인해 낙동강 하구 중앙부까지 파랑이 전달되면서 최대파고값은 약 2.2m, 유의파고값은 약 1.3m정도 감소된다. (3) 낙동강 하구역으로 내습하는 해양파랑은 대상해역의 기상조건, 특히 바람의 영향(풍속 및 풍향)에 따라서 증감하는 것을 알 수 있는데, 특히 풍향이 역풍이 부는 경우 유의파고는 감소하는 경향을 나타내며 풍속이 클수록 그 감소 기울기도 더욱 커짐을 알 수 있다.

핵심용어 : 낙동강 하구역, 해양기상 부이, 파랑현장관측, 기상요인, 국지 해양파랑

Abstract : The aim of this study was to determine the characteristics of wave transformation in the shallow water of the Nakdong River estuary due to variations in air pressure, air temperature, wind speed, and wind direction. We analyzed the correlation between weather factors and wind waves in offshore regions near Geoje Island and the Nakdong River estuary in April and May 2007. The weather and wind wave data were obtained from the automatic ocean observation buoy near Geoje Island operated by the Korean Meteorological Administration (KMA). For the estuary region, the wind wave information was the result of field observations, and weather data were obtained from the Busan Meteorological Station. Field observations of water waves in April and May showed that the maximum wave height decreased by about 2.2 m. Moreover, wave height decreased significantly by about 1.3 m due to the reduction in wave energy caused by the water waves propagating from Geoje buoy to the Nakdong River estuary. We conclude that offshore or wind waves coming into the Nakdong River estuary showed considerable height variation due to the prevailing weather conditions, especially wind speed and direction. In particular, headwinds tended to decrease the wave size in inverse proportion to the wind speed.

Key Words : Nakdong River estuary, Automatic ocean observation buoy, Wave field observation, Weather factors, Local wind wave

1. 서 론

낙동강 하구역은 일반적으로 주변 환경의 기후, 강우, 하천유량, 유입토사 등에 의해 육역으로부터의 영향뿐만 아니라, 해역의 파랑 및 조석작용, 하구의 지형적 특징, 하구내부 수심조건, 주변연안의 개발여건 등에 따라서 하구역내 수괴의 거동이 다

양하고 복잡해진다(유 등, 2006).

낙동강 하구역은 조차가 작고 평수시에는 하구둑 유출유량보다 파랑에 의한 해빈류가 우세한 파랑(강세)유형의 하구이며, S계열 파랑이 해빈류와 표사의 이동에 큰 영향을 미치고 하구사주의 발달을 촉진시키는 특징을 가지고 있다. Perrie and Bechara(1995)에 따르면 10km 연안역에서 취송거리가 감소하면 파고가 감소하게 되고, 해안지형이 복잡하고 수심이 낮은 천해역에서는 외해에서 발생한 파랑에너지의 감쇄, 굴절 및 회절 등의 영향으로 변형된 파랑 특성을 보이게 된다. 또한 일반적으로

* 대표저자 : 정희원, mc2002@hanmail.net, 051-629-6581

** 교신저자 : 정희원, yoonhans@pknu.ac.kr, 051-629-7375

로 풍속이 클수록, 취송거리가 길수록, 지속시간이 길수록 파고가 크게 발달하고 육지와 바다의 방향, 해저지형, 주변해역의 규모 등의 환경조건에 의해 바람에 의한 파도의 발달율이 달라진다.

1996년부터 기상청에서는 우리나라 주변해역에 해양기상관측부이를 설치하여 현재까지 서해 2대, 남해 2대, 동해 1대의 관측부이를 설치하여 각 해역별 다양한 관측자료를 획득하고 있다(기상청, 2000; 부산지방기상청, 2003).

하지만 낙동강 하구역내로 입사하는 외해 파랑이 친해역의 해안 및 해저지형, 해상풍으로 인한 파랑의 변형에 미치는 영향에 대해 그 특성을 명확히 제시한 논문을 찾아보기는 힘들다. 즉, 낙동강 하구역을 대상으로 해역의 파랑특성을 파악하기 위해 수치모형실험을 수행하더라도 거제도 해양기상 관측부이로부터 획득한 파랑자료를 그대로 외해 경계조건으로 설정함에 있어서는 낙동강 하구역내 해양물리환경(파랑환경)에 미치는 영향의 변동요인이 너무도 많은 것이 사실이다(박과 윤, 2007).

따라서 본 연구에서는 낙동강 하구역내로 입사하는 파랑과 해상풍과 같은 주변 기상인자들간의 상호관련성, 발생하는 파랑의 통계적 특성을 파악하여 대상해역에 내습하는 파랑의 특성과 표사이동 예측을 위한 기초자료를 제공하고자 하였다.

이를 위해 본 연구에서는 2007년 춘계(4월, 5월)에 낙동강 하구 중앙 해상 지점에서 관측된 파랑자료와 기상청에서 운영하고 있는 거제도 해양기상 부이에서 동일시점에 관측된 결과를 비교 분석하고 관측파랑과 두 지점에서의 기상인자(기압, 기온, 풍속 및 풍향)간의 상호관련성을 비교하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 파랑관측 자료의 획득

낙동강 하구역으로 내습하는 해양파랑의 특성을 파악하기 위해 Fig. 1 및 Table 1에서와 같이 외해에 위치하는 거제도 해양기상 부이(St. 1)에서의 시간대별 파랑자료(기상청, 2007)와 낙동강 하구 중앙 해상 지점(St. 2)에 수압식 파고계를 설치하여 동일시점에서의 파랑관측을 실시하여 시간대별 파랑자료를 획득하였다. 거제도 해양기상 부이(St. 1)는 거제도 서이말 동쪽 16km 해상에 위치하며 설치 수심은 84m이다(부산지방기상청, 2003). 관측부이는 풍향, 풍속, 기압, 기온, 상대습도, 수온, 파고(최대, 유의), 파향, 파주기 등을 관측하며, 바람자료는 매시간 10분 동안 관측된 것을 백터 평균하여 산출한 것이고 파랑은 가속도계를 이용하여 20분 동안 1,024개의 자료를 취득하여 유의파고 등을 산출한다.

또한 본 연구에서는 낙동강 하구역 해상 중앙지점에 수압식 파고계 COMPAQ-WH(Alec electronics co., LTD., JAPAN)를 관측장비 설치 당시 수심 약 5.5m 해저바닥에 설치하고 4월(1차, 2007년 4월 12일 13:00~27일 09:00, 약 15일)과 5월(2차, 2007년 5월 16일 12:00~30일 10:10, 약 14일)의 2회에 걸쳐서 해양파랑을 관측하였다. Fig. 2는 St.2 정점에 수압식 파고계를 설치하는 장면을 나타내고 있다.

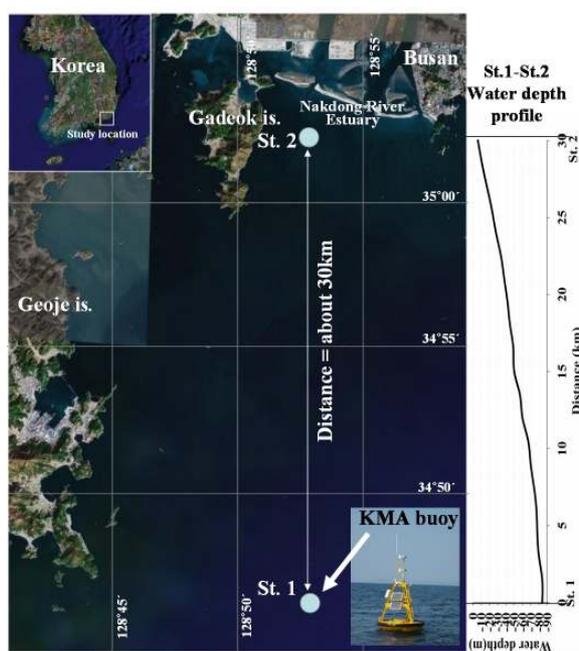


Fig. 1. The location of the KMA marine and meteorology buoy, and the observation station.

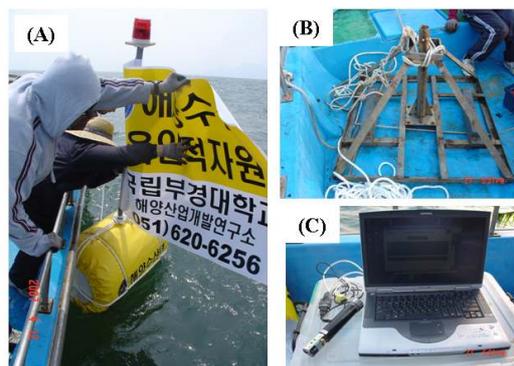


Fig. 2. Wave measuring system at station 2.

Table 1. Details of the two observation locations for wind and wave data

Station No.	Location	Local depth
St.1 - Geoje island buoy	16km east of Geoje island 34°46' N, 128°54' E	84.0 m
St.2 - Nakdong River Estuary	3.5km east of Gadeok island 35°02' 43" N, 128°53' 12" E	5.5 m

해양파랑 계측방법은 Burst mode로 매 시간마다 0.25초 간격으로 약 3000개, 12분 30초간의 해수면 수위변동을 관측하였으며 이를 1시간에 대한 해양파랑의 대표치로 설정하였다.

관측된 수위변동 자료로부터 실제 해상의 불규칙한 파를 검출하기 위하여 Zero-up cross법으로 파고와 주기를 정의하며, 자유표면에 의해 검출되어진 파고는 다음과 같은 식(1)로 보정하였다.

$$H_c = N \cdot H_p \cosh(2\pi h/L) \quad (1)$$

여기서, H_c : 보정된 파고, N : 보정계수 (≈ 1.3), H_p : 수압에 의해 검출된 파고, $\cosh(2\pi h/L)$: 감쇠계수, h : 평균수위로서 정해지는 수심, L : 분산관계식에 의해 구해지는 파장이다. 또한, 파고 및 주기는 통계 처리하였다.

본 연구에서는 St.1과 St.2 정점에서 획득된 해양파랑 자료가 정확히 동일한 시점이라고 판단하기는 어렵지만 거제도 해양기상 부이로부터 제공되는 파랑자료가 1시간 간격의 대표치라는 것과 해상에서 돌풍 또는 해일 등의 직접적인 영향이 없다고 볼때 1시간대의 해양파랑 상황은 크게 변화하지 않는다고 판단하여 두 정점에서 획득되어진 해양파랑 자료는 매시간별로 동일한 시점의 자료로 취급하였다.

2.2 기상인자와의 해석 방법

대상해역의 해상 수위변동에 영향을 줄 수 있는 기상인자로 본 연구에서는 기압, 기온, 풍속 및 풍향으로 간주하고, St.1 정점에 대해서는 해양기상 부이로부터 제공되는 기상인자(풍향, 풍속, 기압, 기온)를, St.2에 대해서는 대상해역과 가장 인접한 부산기상관측소의 시간대별 기상인자 자료(기상청, 2007)를 수집하였다. 아울러 전술한 바와 같이 해양기상 부이와 부산기상관측소간의 기상인자의 관측시점도 동일한 것으로 간주하였다.

수집된 거제도 해양기상 부이 자료와 부산기상관측소의 기상인자들은 시간대별로 시계열로 도식화하여 두 지점간의 상호 관련성을 비교하였으며 시계열 해석에서 차이가 발생하는 인자에 대해서는 그 차이를 도식화하여 보다 명확히 검토하고자 하였다.

3. 결과 및 토의

3.1 해양파랑 시계열 분석

Fig. 3는 관측된 파랑의 최대유의파 및 최대파의 파라미터(파고 및 주기)를 시계열로 나타낸 것으로 (a)는 4월, (b)는 5월에 해당한다. Fig. 3에서 (A), (D)는 St.1의 거제도 부이 파랑 관측자료를, (B)와 (E)는 St.1의 거제도 부이 파향과 풍향 관측 자료를, 하단 (C)와 (F)는 낙동강 하구 St.2에서의 파랑관측 자료를 나타낸 것이다.

먼저 Fig. 3(a)의 4월 경우에서 거제도 부이 파랑 관측자료를 살펴보면 관측시작 일로부터 1일, 4일, 8일, 11일째에 최대파고 약 3-4m, 유의파고 약 2m의 고파랑이 내습하는 것을 알 수 있으며 주기는 대체적으로 5-8sec의 범위에 해당한다. 파향과 풍향과의 상관성을 살펴보면 고파랑 내습시 파향은 대체로 N방향(파랑이 진행해 가는 방향)을 나타내고 풍향은 S계열(바람이 불어오는 방향)을 나타내고 파고가 낮은 시점에서는 파향과 풍향이 동일 계열 방향을 나타내었다. 이는 풍속과 취송거리 및 취송시간 그리고 해저지형과 관련 있음을 의미한다.

낙동강 하구 St.2에서의 파랑 관측자료를 살펴보면 파고는 대체적으로 1m미만의 상태로 정온한 상태를 보이며 주기는 4-7sec의 범위를 가진다. 특징적으로 거제도 부이에서 발견되는 4일, 11일경의 고파랑이 St.2에서는 나타나지 않는 것인데 이 시점에서의 파향과 풍향이 동일 계열(대체로 N방향의 계열)을 나타내고 있음을 감안하면 외해로부터의 내습파랑이 바람의 작용에 의해서 St. 1에서부터 St. 2로 전파해감에 따라서 해수면에서 바람에 의한 마찰 증가로 파고가 감쇄되는 현상으로 판단할 수 있다.

또한 Fig. 3(b)의 5월의 경우에서 거제도 부이 파랑 관측자료를 살펴보면 관측시작 일로부터 1일, 4일, 9일, 12일째에 최대파고 약 3-5.5m, 유의파고 약 2-3m의 고파랑이 내습하고 주기는 대체적으로 6-10sec의 범위에 해당한다. 낙동강 하구 St. 2에서의 파랑 관측자료를 살펴보면 4월의 경우와 유사하게 파고의 급격한 감소를 확인할 수 있으면 아울러 4일, 12일째에 거제도 부이에서 발견된 고파랑이 St. 2에서는 나타나지 않는 패턴을 나타내었다. 이 시점에서의 파향과 풍향과의 상관성을 살펴보면 전술한 바와 같이 파향 및 풍향이 거의 N방향 계열임을 알 수 있다.

이상의 4월과 5월의 파랑 관측자료에서 바람에 의한 파랑 감쇄가 없을 것으로 판단되는 1일과 8-9일째 당시 St. 1에서부터 St. 2로의 파고 감소 정도는 최대파고값은 약 2.2m, 유의파고값은 약 1.3m정도 감소되는 것으로 나타났다. 이는 해저지형의 수심변화에 따른 천수 또는 굴절에 의한 파랑변형의 효과라고 판단된다. 한편, 파랑 내습시 조석의 변화에 대한 검토를 위해 그림에 대조기와 소조기를 표기하였는데 수심 84m인 거제도 해양기상 부이(St. 1) 지점에서의 조석 변화는 파랑의 증감에 그리 큰 영향을 미치지 못하는 것으로 생각된다.

3.2 최대파고와 유의파고의 상호작용

Fig. 4는 낙동강 하구 St. 2에서 관측된 해양 파랑자료를 최대파고와 유의파고의 일반적인 관계식과 비교한 것이다. 최대파고와 유의파고는 대체로 관계식 $H_{max} = 1.6H_{1/3}$ 에 근접해 있음을 알 수 있다. 아울러 관계식 $H_{max} = 1.8H_{1/3}$ 을 초과하는 파랑이 다수 내습하는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 향후 낙동강 하구역 연안류 추정 및 토사이동을 평가하기 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

3.3 기상인자간의 상호관련성

본 연구에서는 낙동강 하구역 연구대상해역의 해상 수위변동에 영향을 줄 수 있는 기상인자로 전술한 바와 같이 기압, 기온, 풍속 및 풍향으로 간주하고, St. 1 정점에 대해서는 해양기상 부이로부터 제공되는 기상인자(풍향, 풍속, 기압, 기온)를, St. 2에 대해서는 대상해역과 가장 인접한 부산기상관측소의 시간대별 기상인자 자료를 수집·비교 분석하였다.

Fig. 5는 거제도 해양기상 부이(St. 1)에서 관측된 현장관측 기간동안의 매 시간별 대기의 기압과 기온 자료(기상청, 2007) 그리고 낙동강 하구 중앙 해상 지점(St. 2)을 대표하는 부산기

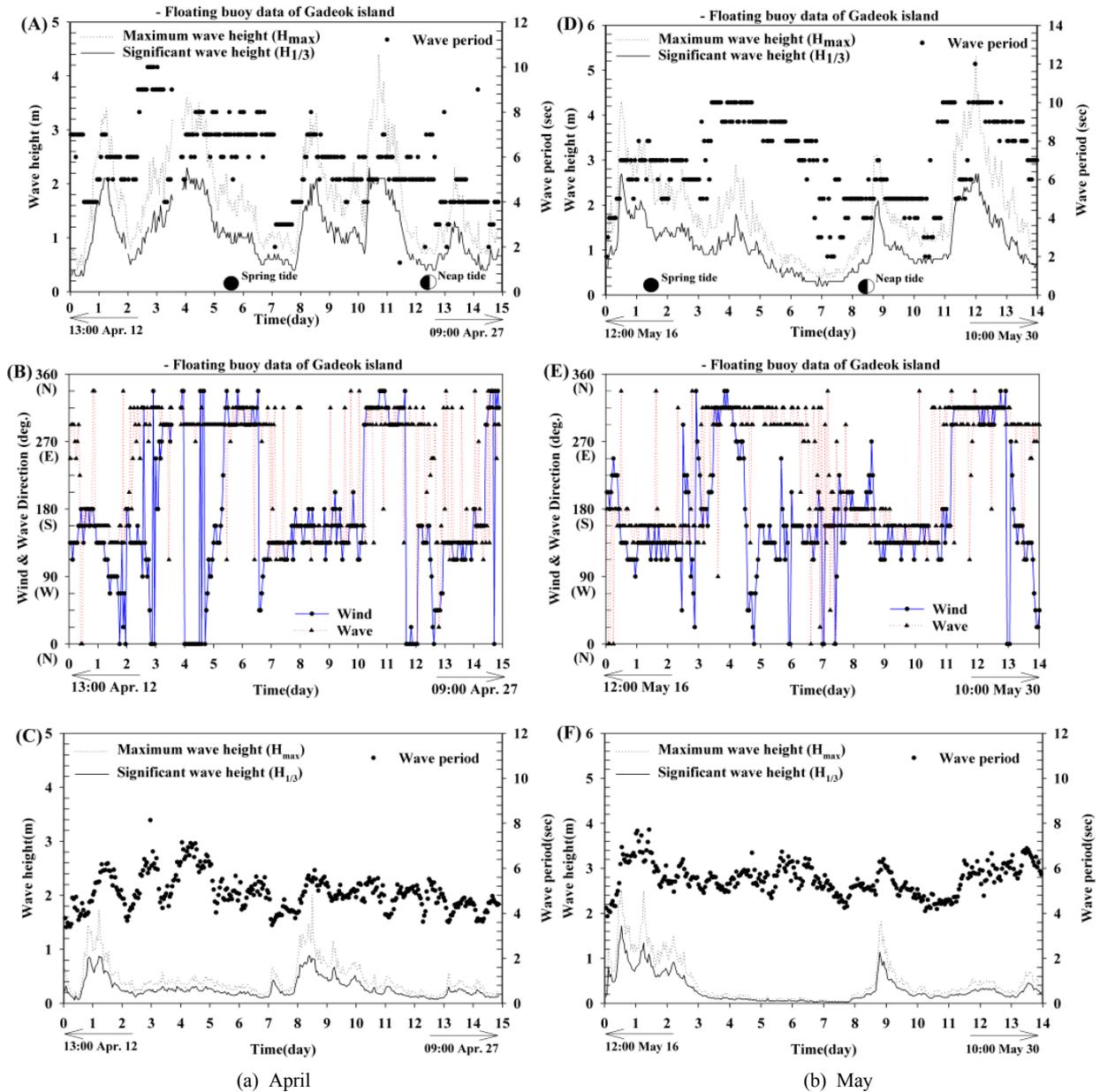


Fig. 3. Time series of measured wave height, period, and direction, and wind direction for stations 1 and 2 in April and May 2007. (A) and (D) show the time series for the maximum and significant wave heights and period from the automatic offshore observation buoy at Gadeok Island. (B) and (E) represent the wave direction and wind direction at station 1. (C) and (F) show the maximum and significant wave heights and period at station 2 in the Nakdong River estuary.

상관측소의 동일 시점에서의 기압과 기온 자료를 시계열로 나타내었으며, Fig. 6은 대기 풍속과 풍향의 자료를 시계열로 나타내었다.

먼저 Fig. 5에서 4월과 5월의 두 경우 모두 기압의 변화 시계열에서 기압은 Fig. 3(A)와 Fig. 3(D)의 매 시간별 파고 분포와 비교하면 고파랑 출현 기간에 대체로 저기압의 경향을 나타내었으나, 거제도 부이와 부산기상관측소간의 기압변동 경향은 거의 일치하는 것으로 나타났다. 또한 기온의 변화 시계열에서

거제도와 부산지역의 기온 변화가 해상풍 또는 육상풍의 특징을 명확히 가지고 있음을 보여주고 있다. 즉, 1일 동안의 St. 1에서의 기온 변동폭보다 St. 2에서의 변화폭이 대단히 크게 나타나는데 4월의 경우 약 8℃, 5월의 경우 약 10℃정도의 차이를 나타내었다. 결과적으로 기온이 높은 시기에는 내습 파랑도 작은 파고를 나타내고 있음을 알 수 있으나 기온이 파고 감소의 직접적인 원인으로 생각되지는 않는다.

Fig. 6에서 4월과 5월의 두 경우 모두 풍속의 변화 시계열에

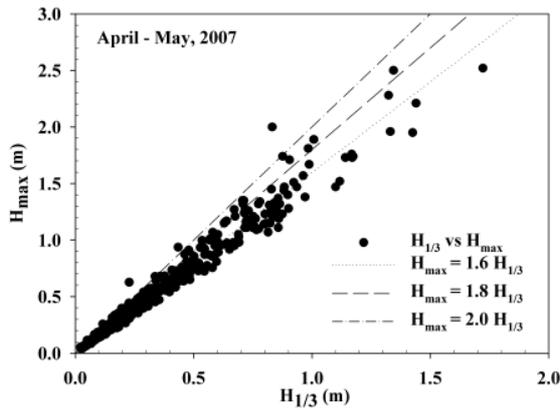


Fig. 4. Relationship between the maximum and the significant wave heights at station 2.

서 풍속은 Fig. 3(A)와 Fig. 3(D)의 매 시간별 파고 분포와 비교하면 St.1 지점에서 고파랑 출현 기간에 풍속도 매우 크게 나타나지만 부산기상관측소의 풍속은 거제도 기상 부이와 차이를 나타내고 있음을 알 수 있다.

4월의 파고분포에서 파랑의 감쇄가 급격하게 발생하는 3-5일, 10-12일 사이에 풍속의 차이를 나타내고 있으며 이때 풍향은 NE방향 계열로서 이로 인해서 거제도로부터 낙동강 하구역 내로 전파되는 파랑 에너지가 급격하게 감쇄한 것으로 판단된다. 또한 풍속이 크고 풍향이 SW계열에 속하는 1-2일, 8-10일의 경우 외해로부터 전파되는 파랑과 아울러 바람에 의해 발생

되어진 취송류에 의해서 낙동강 하구역내 파고분포가 결정되는 것으로 생각된다.

5월의 경우에도 마찬가지로 0-2일과 11-13일 사이에 풍속의 편차가 크게 나타나고 있으며 이때 풍향을 살펴보면 0-2일에는 거제도 부이와 부산지역의 풍향이 서로 반대 방향의 풍속을 보이고 있고 11-13일의 경우에는 NE계열로 동일한 방향을 보이게 됨으로써 파랑에너지 전달을 방해한 것으로 생각된다.

3.4 해양파랑에 미치는 기상인자 영향

상술한 바와 같이 낙동강 하구역으로 내습하는 파랑은 대상 해역의 기상조건, 특히 바람의 영향(풍속 및 풍향)에 따라서 증감하는 것을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서는 이에 대한 보다 명확한 해석을 위해 St. 2과 St. 1정점에서의 유의파고의 변화에 미치는 풍속과 풍향의 변화특성을 살펴보고자 Fig. 7과 같이 두 정점의 유의파고, 풍속, 풍향의 차이를 시계열로 나타내었다.

Fig. 7에서 δH , δW , $\delta \theta$ 는 각각 St. 2정점에 대해서 St. 1정점의 유의파고, 풍속, 풍향의 동일 시점의 수치를 산술적으로 뺀 값을 나타낸다. 즉, δH 는 유의파고의 감소량을, δW 는 풍속 편차로서 (+)는 풍속 증가이고 (-)는 풍속 감소를, $\delta \theta$ 는 N을 0(zero)로 기준할 때 반시계방향이 양의 값을 가지는 풍향 편차를 나타내며, 가로축이 0, 360에 가까우면 동일한 방향을, 180에 근접하면 반대방향의 풍향을 의미한다.

Fig. 7(a)의 4월의 경우를 살펴보면 유의파고의 감소 패턴과 풍속의 감소 패턴은 거의 유사한 경향을 나타내는 것을 알 수

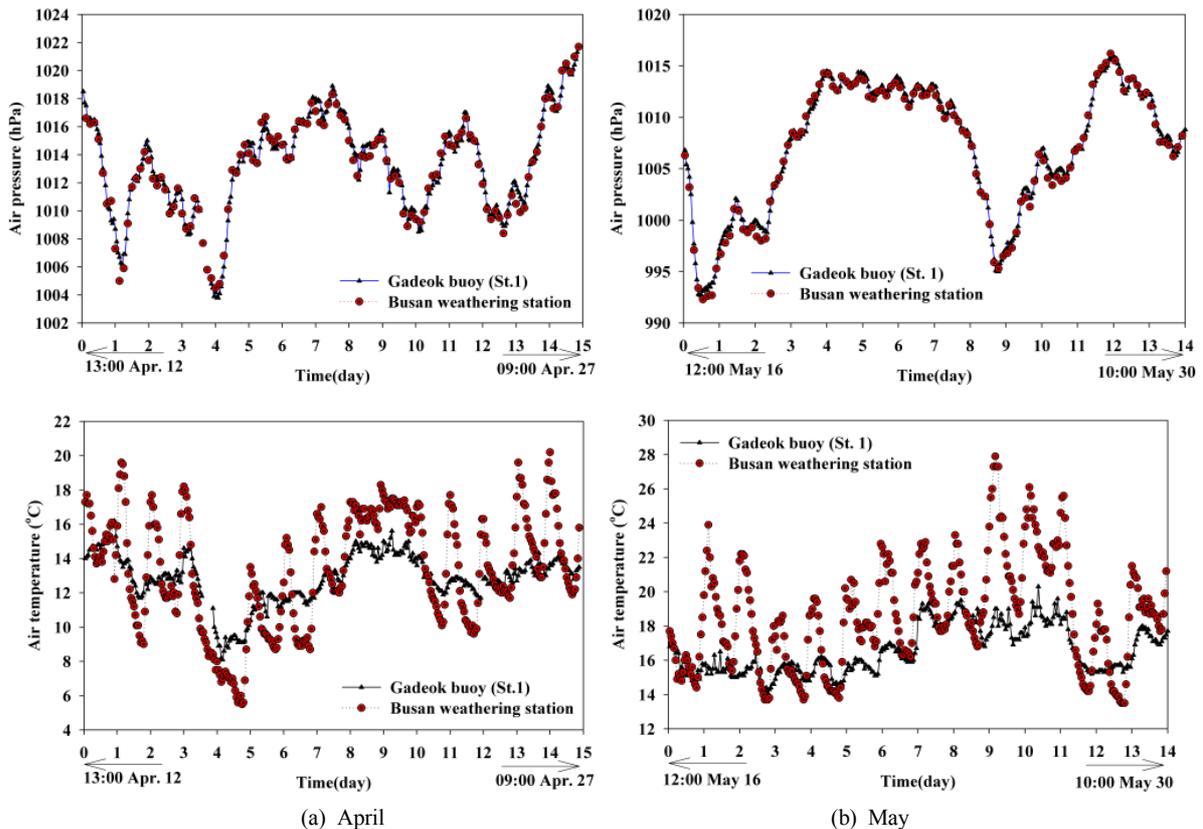


Fig. 5. Time series of air pressure and temperature at stations 1 and 2 in April and May 2007.

있으며 풍향 $\delta\theta$ 이 $\pm 80^\circ$ 에 근접한 시점 특히, 3일과 10일째 되는 시점에서는 유의과고가 감소하고 풍속의 차이가 클수록 그

변화 기울기도 더욱 커짐을 알 수 있다. 이러한 결과는 Fig. 7(b)의 5월의 경우에서도 알 수 있다.

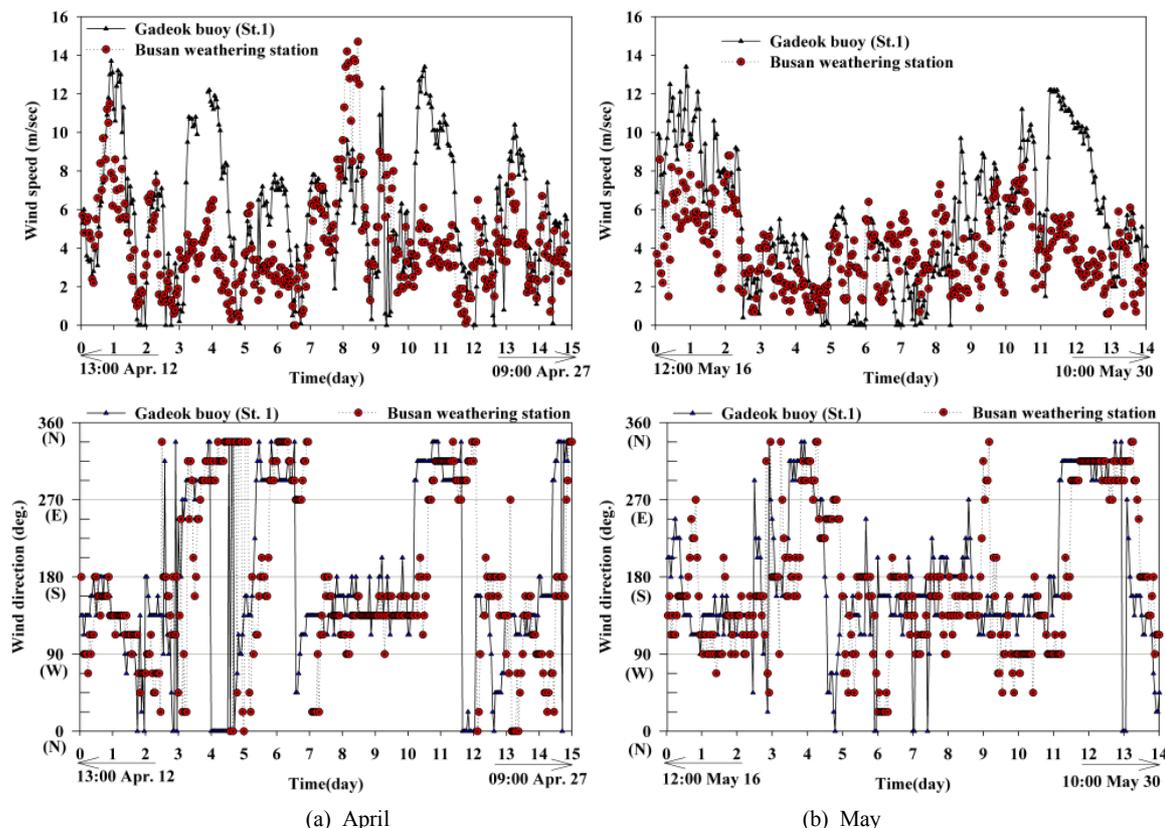


Fig. 6. Time series of wind speed and direction at stations 1 and 2 in April and May 2007.

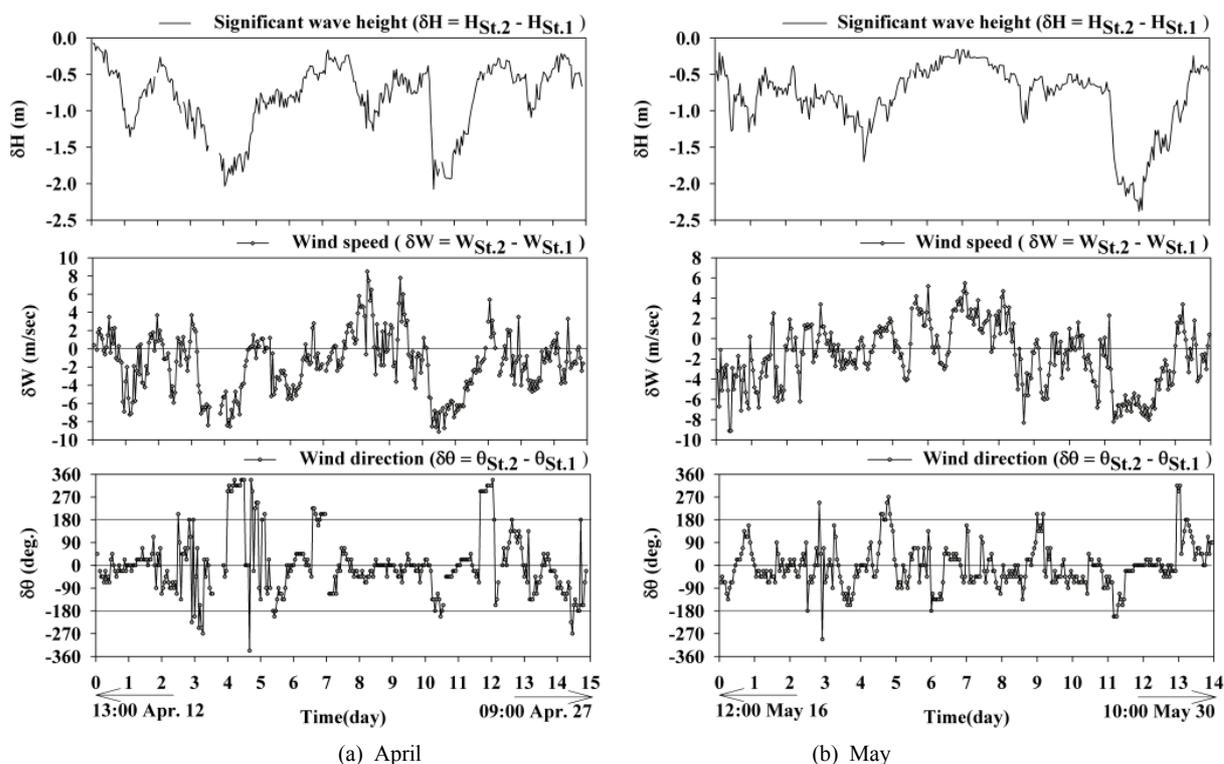


Fig. 7. Time series for the significant differences in the measured wave height, wind speed, and direction between stations 1 and 2.

이상의 결과를 종합해 보면 낙동강 하구역으로 내습하는 파랑은 대상해역의 기상조건, 특히 바람의 영향(풍속 및 풍향)에 따라서 증감하는 것을 알 수 있는데, 특히 풍향이 역풍이 부는 경우 유의파고는 감소하는 경향을 나타내면 풍속이 클수록 그 감소 기울기도 더욱 커짐을 알 수 있다.

4. 요약 및 결론

본 연구에서는 낙동강 하구 주변해역의 파랑 특성을 분석하기 위해 2007년 춘계(4월, 5월)에 낙동강 하구 중앙 해상 지점에서 관측된 파랑자료와 기상청에서 운영하고 있는 거제도 해양기상 부이에서 동일시점에 관측된 결과와 비교 검증하고 관측기간동안의 두 지점에서의 기상인자(기압, 기온, 풍속 및 풍향)과의 상관성을 비교하였다. 이상에서 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 2007년 춘계(4월과 5월)의 거제도 해양기상 부이 파랑 관측자료가 최대파고 약 3-4m, 유의파고 약 2m, 주기 약 5-8sec의 범위에 해당하는 반면에 낙동강 하구에서의 파랑 관측자료는 파고가 대체적으로 1m미만의 상태로 정온한 상태를 보이면 주기는 4-7sec의 범위를 가진다.

(2) 춘계 파랑 관측자료에서 바람에 의한 파랑 감쇄가 없을 경우 거제도 해양기상 부이에서부터 낙동강 하구 중앙부까지 파랑이 전파하면서 최대파고값은 약 2.2m, 유의파고값은 약 1.3m정도 감소되는 것으로 생각되며, 이는 해저지형의 수심변화에 따른 천수 또는 굴절에 의한 파랑변형의 효과라고 판단된다.

(3) 낙동강 하구역으로 내습하는 해양파랑은 대상해역의 기상조건, 특히 바람의 영향(풍속 및 풍향)에 따라서 증감하는 것을 알 수 있는데, 특히 풍향이 역풍이 부는 경우 유의파고는 감소하는 경향을 나타내며 풍속이 클수록 그 감소 기울기도 더욱 커짐을 알 수 있다.

결과적으로 본 연구는 외해로부터 입사하는 파랑이 대상해역의 기상조건에 따라서 증감될 수 있음을 증명한 것으로 큰 의미가 있다고 판단되며 이상과 같은 결과는 향후 낙동강 하구역 연안류 추정 및 토사이동을 평가하기 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다. 아울러 본 연구는 춘계에 한정된 파랑관측 결과를 바탕으로 해석하였으나 향후 매 계절별 파랑관측결과를 통해 경년변화 특징을 평가할 필요성이 있다고 할 것이다.

후 기

본 연구는 2006년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구(KRF-2006-331-D00700) 결과이며, 연구비 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] 기상청(2000), 해양기상관측부이 운영 사례집, P. 75.
- [2] 기상청(2007), <http://www.kma.go.kr>.
- [3] 박순, 윤한삼(2007), 태풍 내습후 낙동강 하구 사주해안의 쓰레기 분포, 해양환경안전학회지, 제13권 제4호, pp. 1-7.
- [4] 부산지방기상청(2003), 해양기상관측망 관측환경집, pp. 11-12.
- [5] 유창일, 윤한삼, 류청로, 이인철(2006), 해도분석을 통한 낙동강 하구 사주 면적의 시공간 변화, 한국해양공학회지, 제20권 제6호, pp. 54-60.
- [6] Perrie, W. and Bechara T.(1995), Relating friction velocity to spectral wave parameters, J. Phys. Oceanogr., Vol.25, No.2, pp. 266-279.

원고접수일 : 2008년 02월 15일

원고수정일 : 2008년 04월 28일

게재확정일 : 2008년 06월 16일