

속초연안지점의 관측파고와 파영상자료의 비교 Comparison of Observed Wave Height and Wave Image of Sok-cho Site

장복진* · 여운광** · 이종국*** · 박광순****

Bok Jin Jang*, Woon Kwang Yeo**, Jong Kook Lee*** and Kwang Soon Park****

요 지 : 해수면의 상태를 보고 파고를 측정하는 목적은 선박이나 먼 바다에서의 파랑관측 방법으로 여전히 이용되고 있으며, 오랜 경험을 가진 숙련자의 경우에는 상당히 정확하게 파고를 관측할 수 있다. 이러한 목적의 표준지표로 뷰퍼트(Beaufort) 풍력계급표가 가장 널리 이용되고 있다. 그러나 이 지표에 설명된 해수면의 모양은 연구자 또는 일반인에게는 친숙하지 않기 때문에 파고별 대표영상 등의 보다 구체적인 참고자료가 필요하다. 현대의 현장계측기술은 실시간으로 해양관측자료를 획득할 수 있는 수준에 이르렀으며, 기존의 파고 및 기상 관측시설과 함께 현장의 해상상태 영상자료까지 획득할 수 있게 되었다. 본 연구에서는 속초 조도동방등표에 설치되어 운영 중인 실시간해양관측 시스템에 무선영상전송장치를 설치하여 파랑자료와 영상이미지를 수집하고 유의파고별로 현장이미지를 비교 및 분류하였다. 관측된 해상상태 영상들과 뷰퍼트 풍력계급표의 해면 상태 설명과 비교한 결과 해상상태 영상자료의 가치를 확인할 수 있었다. 뷰퍼트 풍력계급표는 순수하게 목적이나 파고측을 이용하여 목적으로 만들어진 것에 비해 본 연구의 결과는 정밀한 파고센서와 과학적인 해상상태 영상정보 수집으로 파고의 실제적인 모습을 파악할 수 있었으며 관측파고의 신뢰성을 제고할 수 있는 기회가 되었다.

핵심용어 : 파랑, 목적, 영상, 뷰퍼트 풍력계급표

Abstract : The eye measurement to observe the sea surface condition and estimate the wave height has been used in the open sea or the ship. The experts in the eye estimation can measure the wave height very accurately. The Beaufort wind scale is most widely used as a standard index of the eye measurement. However, more definite reference data such as the representative images by each wave heights must be necessary because the appearances and explanations in the Beaufort wind scale are not enough to understand the sea surface condition for the researcher and the public. The modern field data acquisition technique has been developed to measure wave heights, ocean weather data and even images of the sea surface in real-time. In this study, the wireless field image transmitting system for wave heights and images is installed in the real-time ocean measurement system of Chodo light tower near Sokcho city in South Korea. The wave heights and surface images acquired from the real time system in the field are compared with explanations of the Beaufort wind scale. The wave heights and images measured with the precision ultrasonic wave sensor and the scientific sea surface image transmitting system should be helpful to obtain more precise and definite information than the data from the Beaufort wind scale.

Keywords : wave, eye measurement, wave height, wave image, Beaufort wind scale

1. 서 론

파랑은 안전한 선박운행, 해양 및 연안역의 개발, 이용 및 방재에 있어서 가장 특징적이며 또한 지배적인 자연조건이

다(안 등, 2002). 이처럼 중요한 파랑의 자료는 대부분 부이식, 수압식, 초음파식 등 여러 가지 유형의 파랑관측 기기나 센서를 이용하여 획득하고 있지만 파랑 관측 기기나 센서를 설치하기 어려운 선박이나 먼 바다에서의 파랑관측

*명지대학교 토목환경공학과 박사과정, (주)테이타피씨에스 파장(E-mail: bjjang@datapcs.co.kr)
**명지대학교 토목환경공학과 교수(E-mail: yeo@mju.ac.kr)
*** (주)테이타피씨에스 대표이사, 공학박사(E-mail: jklee@datapcs.co.kr)
**** 한국해양연구원 책임연구원(E-mail: kspark@kordi.re.kr)

은 아직도 목측(目測)으로 파랑을 추정하고 있다. 목측에 의한 파랑측정은 첨단 센서를 이용하는 현대에 있어서 의아할 수도 있겠지만, 숙련된 관측자는 상당히 정확한 파랑을 관측할 수 있다고 한다(안 등, 2002). 뷰퍼트 풍력계급표(Beaufort Wind Scale)는 파랑과 풍속을 13개의 계급(0~12)으로 나누어 추정할 수 있도록 기준을 제시한 도표로서 목측의 표준지표로 가장 널리 이용되고 있다. 뷰퍼트 풍력계급표는 1806년 영국의 해군제독이자 기상학자인 뷰퍼트 프란시스(Beaufort Francis, 1774~1857)에 의해 처음 고안되었다. 이후 1839년 영국해군에 공식 채택되고 1862년 ‘바로미터 매뉴얼(Barometer Manual)’에 게재된 후 널리 이용되고 있으며 이후 현재의 뷰퍼트 풍력계급표는 몇 차례 개정되어 세계기상기구(WMO: World Meteorological Organization)에서 1962년 결정한 것으로 전 세계적으로 파랑과 풍속 등의 목측에 대한 자료로 널리 이용되고 있다(김, 2002).

뷰퍼트 풍력계급표는 바다의 표면 상태를 보고 파고를 예측하거나 이때의 풍력을 예측하는데 주로 사용되면서 이후 많은 관련 연구에 의해 조금씩 개선되어 왔다. Isemert(1992)는 파고계로 실제 측정된 자료와 뷰퍼트 풍력계급표에 의한 풍력을 비교하여 보완함으로써 그 정확성을 높였으며 이는 현재까지 선박이나 해상에서 간편하게 풍력과 파고를 측정하는 방법으로 이용되고 있다. 그러나 이처럼 파고와 풍력에 대한 관계를 뷰퍼트 풍력계급표를 이용하여 얻을 수 있다 하더라도 일반인 또는 연구자가 해면상태를 보고 지금 파고가 얼마나 정확히 판단할 수 있을지는 미지수이다. 왜냐하면 파고에 따른 해면영상 이미지를 육지에 살고 있는 일반인이 접할 기회가 많지 않기 때문이다. 또한, 과거와 현재의 대부분의 해양현장관측은 파고, 조위, 해양기상(풍향, 풍속, 기온, 기압 등)을 수동 또는 자동으로 측정하고 전송하고 있지만 해면 영상을 이러한 해양현장관측자료와 함께 계측한 사례가 거의 없기 때문이다.

실시간 현장계측기술은 지속적으로 발전하여 현재 인공 위성통신이나 CDMA(Code Division Multiple Access) 무선인터넷 통신을 이용하여 실시간으로 해양관측자료를 획득할 수 있는 수준에 이르렀다. 본 연구에서는 이러한 실시간 해양관측기술과 21세기 프론티어 연구사업 중 ‘수자원의 지속적 확보기술 개발 사업단’에서 개발한 무선영상 전송장치(이, 임, 2007)와 공중형 초음파 파고측정센서를 동해안의 속초 조도동방등표에 설치하여 현장 영상을 파고별로 비교분류함으로써, 우리나라 동해안 속초해역의 파고별 해수면 모양을 파악할 수 있도록 하였다.

2. 속초해역의 해상상태 현장자료 수집

본 연구에서 사용한 파랑자료는 한국해양연구원에서 조도동방등표를 이용하여 구축한 속초 실시간 해양관측소(해양수산부, 2001)의 실시간 파랑관측자료를 이용하였으며, 영상자료는 동일 장소에 설치한 (주)데이터피씨에스 부설연구소의 실시간 영상전송시스템의 자료를 이용하였다. 이 두 시스템은 모두 CDMA를 이용한 무선통신 방법으로 인터넷(<http://realtime.kordi.re.kr/>, <http://www.datapcs.co.kr/fieldbox>)을 이용하여 자료를 실시간으로 획득할 수 있다.

2.1 현장계측 위치

속초해역에서의 실시간 해양관측시스템과 영상시스템은 Fig. 1과 같이 강원도 속초시 영랑동 전면해상의 수중암초에 설치된 조도동방등표(38°11'58.12"N, 128°37'22.19"E, Fig. 2)에 설치되어 있다.

속초 실시간해양관측시스템은 지난 2001년 11월 속초시 동명항에서 약 700 m 전면해상에 건조된 등표에 시스템이

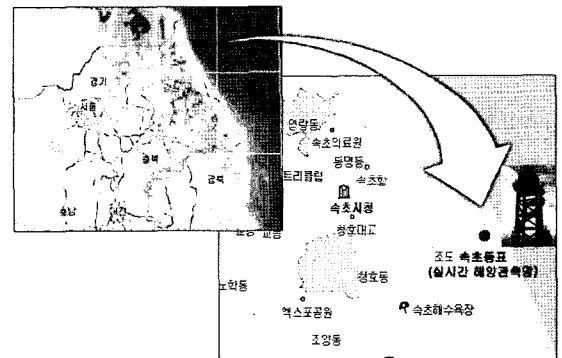


Fig. 1. The location of Chodo light tower.

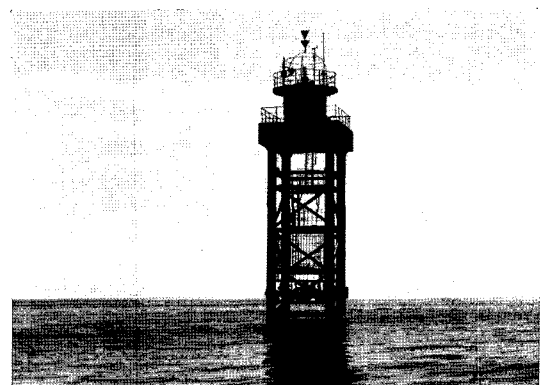


Fig. 2. Panoramic view of Chodo light tower.

설치되었으나, 파고 등의 충격으로 인해 등표에 균열이 발생하고 구조물이 기울어져 유지보수 등을 위한 사람의 접근이 쉽지 않게 되었다. 따라서 속초 실시간해양관측시스템은 2004년 8월에 속초시 영랑동 전면해상(N 38°11' 58.12", E 128°37'22.19") 에 위치한 무인등표인 조도동방등표로 이전 설치되었다. 속초 실시간 해양관측시스템에서는 풍향, 풍속, 기온, 기압, 습도, 수온, 파고, 조위 등이 실시간으로 관측되고 있다. 파고의 경우 관측센서는 초음파 센서인 DCU1104를 이용하여 관측되고 있다. 영상전송 시스템은 (주)데이터퍼씨에스의 21세기 프론티어 연구사업의 연구성과 중 하나로써 2005년 9월에 시험 설치하여 2006년 10월까지 운영하였다.

2.2 현장 자료의 수집방법

본 연구에서 사용한 자료는 조도 동방등표에 설치된 속초 실시간 해양관측시스템과 영상전송시스템으로부터 관측된 파고자료와 영상자료이다. 이 두 시스템은 연안환경요소의 실시간 모니터링을 위해 공통적으로 CDMA 무선통신방법으로 자료를 서버컴퓨터로 전송하고 있다. 파고 관

측 센서는 미국 STI사의 초음파센서인 DCU1104이며, 이 센서는 오차율 0.25%의 높은 정밀도를 가지고 있고 분해능은 2.45 mm이다(Fig. 3).

영상자료의 획득은 (주)데이터퍼씨에스의 실시간 영상전송시스템으로서 등표의 맨 상부에서 조도를 바라보게 위치시켰으며 매일 오전 7시와 10시, 그리고 오후 1시와 5시 정각의 해상표면 영상을 전송하도록 되어 있다(Fig. 4).

3. 파랑과 영상이미지 자료 분석

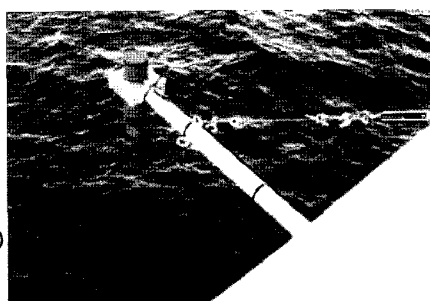
3.1 파랑과 영상자료의 분석방법

본 연구에서는 파고 영상과 파고 측정자료의 비교를 위해 파고자료는 목측에 가장 가까운 유의파고($H_{1/3}$)를 이용하였다. 실시간 관측시스템에서 파고관측은 센서로부터 해수면까지의 거리를 0.25초 간격으로 측정하고 매 2회 자료를 평균한 0.5초 자료를 다시 생성하여 1024개의 자료(512초)를 최초 획득한다(Fig. 5). 이 자료를 가지고 영점 상호교차법을 이용하여 유의파고와 주기를 산정하였다(Fig. 6). 이러한 과정을 거친 유의파고는 매 10분마다 하나씩 산출



DCU-1104 Specifications

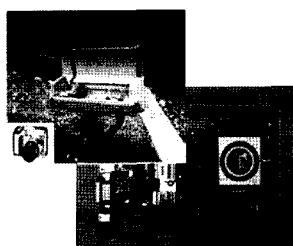
| | |
|-----------------|---------------------------------|
| Operating Range | 0.6 m ~ 15.24 m |
| Resolution | 2.54 mm |
| Accuracy | 0.25 % |
| Sample Rate | 0.12 sec ~ 1 sec (Programmable) |



(a) Ultrasonic Sensor's Spec.

(b) Sensor mount of Ultrasonic wave sensor (Sok-cho Tower)

Fig. 3. Ultrasonic wave sensor specification and sensor mount image.



HI(Hydro Imaging) System Specifications

| | |
|-------------------|-------------------|
| Data Transmission | CDMA |
| File Size | 640*480~2048*1536 |
| Sample Rate | 1 min ~ 1 day |
| Zoom | 1 - 8 |
| Format | Jpeg |

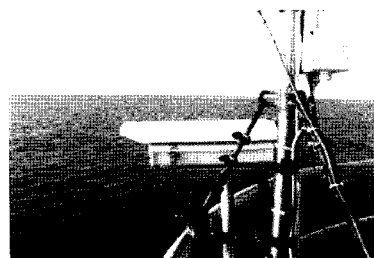


Fig. 4. HI(Hydro Imaging) system specifications and images.

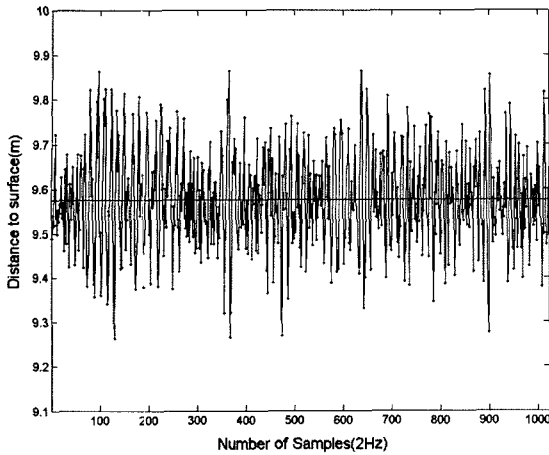


Fig. 5. An example of 1024 wave data for 512 seconds.

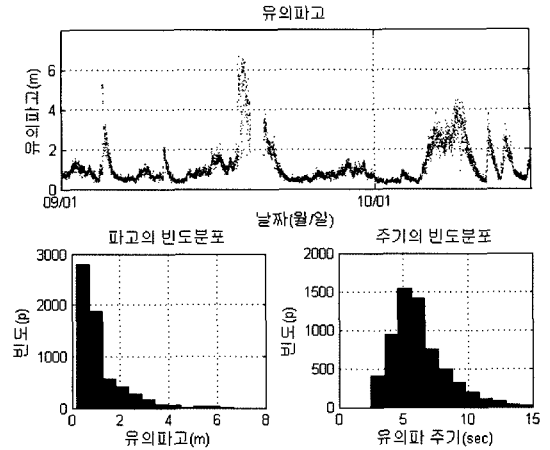


Fig. 7. Significant wave height data of Sok-cho site (2006. 9~2006. 10).

되도록 하였다.

Fig. 7은 영점상향법으로 분류된 파랑자료로부터 유의파 자료를 추출하여 그 시간별 분포와 파고 및 주기별 빈도분포를 보여주고 있다. Fig. 7의 하단에서 보이는 바와 같이 파고가 높을수록 그 관측된 빈도수는 적어지기 때문에 높은 파고가 발생했을 때의 영상자료를 획득하는 것이 매우 중요하다. Table 2에서는 각 파고별의 발생빈도를 유의파고와 함께 백분율로 표시하였다.

영상자료는 하루에 4회 자동 획득된다. 매일 오전 7시와

10시, 그리고 오후 1시와 5시 정각에 획득되는 영상자료는 정확히 이 시간대에 관측된 파고센서의 자료와 일치시켜 영상자료를 파고별로 분류하였다.

본 연구에서 사용한 파고 및 영상자료는 비교적 양호한 품질의 자료를 획득한 2006년 9월 1일부터 10월 15일까지 총 45일간의 자료를 이용하였다(Fig. 7). 즉, 이 기간 동안의 영상이미지 총 180개(45일×4회)의 자료를 이미지가 적힌 시간대의 파고자료와 일치시켜 분류하여 대표영상을 추출하였다(Table 2).

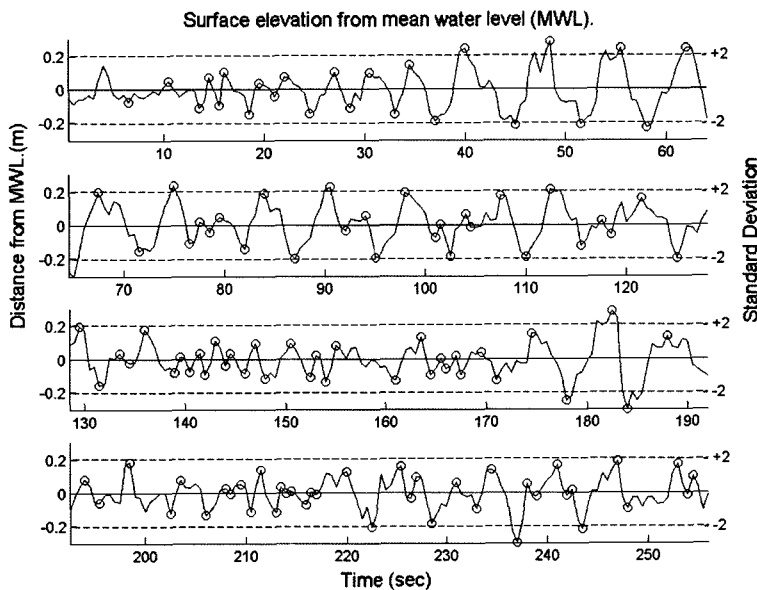


Fig. 6. Wave analysis using zero up crossing method.

Table 1. Beaufort wind scale

| 풍력 계급 | 명칭 | 해면 상태 | 육상 상태 | 풍속 (m/sec) | 파고 (m) | 최대파고 (m) |
|----------|------------------------------|--|---------------------------------------|---------------|-----------|-------------|
| 0 | 고요 (Calm) | 거울면 같이 평온함. | 연기가 똑바로 올라감. | 0.0~0.2 | 0.0 | 0.0 |
| 1 | 살바람 (Light air) | 물거품이 없이 잔물결이 인다. | 풍향은 연기가 날리는 것으로 알 수 있으나, 풍속계는 돌지 않는다. | 0.3~1.5 | 0.1 | 0.1 |
| 2 | 남살바람 (Light breeze) | 잔 물결이 뚜렷해지나 흰물결이 나타나지 않는다. | 바람이 얼굴에 감촉되고 나뭇잎이 흔들리며 바람개비가 감각됨. | 1.6~3.3 | 0.2 | 0.3 |
| 3 | 산들바람 (Gentle breeze) | 물결이 약간 일고 때로는 흰물결이 많아진다. | 나뭇잎과 가는 가지가 설새없이 흔들리고 깃발이 가볍게 휘날림. | 3.4~5.4 | 0.6 | 1.0 |
| 4 | 건들바람 (Moderate breeze) | 물결이 높지는 않으나 파장이 길어지고 흰물결이 많아진다. | 먼지가 일고 종이조각이 날리며 작은 나뭇가지가 흔들림. | 5.5~7.9 | 1.0 | 1.5 |
| 5 | 흔들바람 (Fresh breeze) | 보통정도의 파도가 일고 파장이 길어지며 흰물결이 많고 때로는 흰거품이 인다. | 잎이 무성한 작은 나무 전체가 흔들리고 강물에 잔물결이 일어난다. | 8.0~10.7 | 2.0 | 2.5 |
| 6 | 되바람 (Strong breeze) | 큰물결이 일기 시작하고 흰거품이 있는 물결이 많아진다. | 큰 나무 가지가 흔들리고 전선이 흔들리며 우산받기 곤란함. | 10.8~13.8 | 3.0 | 4.0 |
| 7 | 센바람 (Moderate gale) | 물결이 커지고 물결이 부서져서 생긴 흰거품이 하얗게 흘러간다. | 나무가 전부 흔들리고 건기가 곤란함. | 13.9~17.1 | 4.0 | 5.5 |
| 8 | 큰바람 (Fresh gale) | 큰 물결이 높아지고 물결의 꼭대기에서 물보라가 날리기 시작한다. | 잔가지가 꺾어지고 걸어갈 수 없음. | 17.2~20.7 | 5.5 | 7.5 |
| 9 | 큰센바람 (Strong gale) | 큰 물결이 더욱 높아지고 물보라 때문에 시계가 나빠진다 | 건축물에 다소 손해가 있음. | 20.8~24.4 | 7.0 | 10.0 |
| 10 | 노대바람 (Whole gale) | 물결이 무섭게 크고 거품 때문에 바다전체가 희게 보이며 물결이 격렬하게 부서져서 시계가 나빠진다. | 나무가 쓰러지고 건축물에 큰 피해가 있음. | 24.5~28.4 | 9.0 | 12.5 |
| 11 | 왕바람 (Violent Storm) | 산더미 같은 파도가 일고 흰거품으로 바다 전체가 뒤덮이며 시계가 훨씬 더 나빠진다. | 건축물에 큰 손해가 있음. | 28.5~32.6 | 11.5 | 16.0 |
| 12 | 씩쓸바람 (Hurricane, Typhoon) | 산더미 같은 파도가 일고 흰거품이 바다 전체를 뒤덮고 시계가 훨씬 더 나빠진다. | 보기 드문 큰 손해를 일으킴. | | | |

(참조: 기상청 홈페이지 www.kma.go.kr)






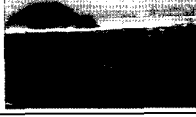

3.2 유의파고별 영상자료의 비교

뷰퍼트의 풍력계급표에서 목측으로 알 수 있는 해수면의 상태에 따라 12개의 풍력계급으로 나누어 풍력과 파고를 예측할 수 있도록 하였다(Table 1). 뷰퍼트의 풍력계급표와 관련하여 풍력관측치와 파고에 대한 비교와 산정에 대한 연구는 미국의 NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration)나 독일의 GKSS(Gteborgs Kungliga Segel Sllskap) 연구소 등에서 이루어진 바 있으나(Isemer, 1992) 파고별 해수면 상태에 대한 실제 영상 이미지를 과학적으로 분석한 연구는 찾아보기 어려웠다. 그 이유는 파고와 풍속(또는 풍향) 자료의 계측은 과거에도 활발하게 수행 할 수 있었지만 파고자료와 함께 영상자료를 획득할 수 있는 기

술이 해양계측에 적용된 시기와 사례가 거의 없기 때문이다.

조도동방등표에서 획득한 유의파와 영상자료는 유의파고의 높이를 0.5 m 또는 1 m 간격으로 나누어 분류하였다(Table 2). 분류된 결과들을 뷰퍼트 풍력계급표와 비교하면 풍력계급 0~9까지의 값에 해당하는 것이며 각 계급별로 해수면 상태를 설명한 글들과 크게 다르지 않다. 하지만 뷰퍼트 풍력계급표는 순수하게 목측이나 파고척을 이용한 목측으로 만들어진 것에 비해 본 연구의 결과는 정밀한 파고 센서와 과학적인 현장 파영상정보 수집으로 보다 신뢰할 수 있다. Table 2는 본 연구결과로 획득한 유의파고별 해수면 상태의 이미지와 이에 해당하는 뷰퍼트 풍력계급표에 의한 해수면 설명과 비교한 것이다.

Table 2. The comparison table of Beaufort wind scale and measured field image

| 유의파고(m) /파고빈도(%) | 관측된 영상(속초지점) | 뷰퍼트 풍력계급표 |
|---------------------|---|---|
| 0-0.5 /(24.1%) |  | 해면이 잔잔하고 고요함 거울과 같은 해면 물결이 생선비늘같이 작고(파고 0.1 m), 물거품이 없음. 물결이 작게 일고(파고 0.2 m), 파의 마루가 부서지지 않고 모양이 뚜렷함. |
| 0.5-1.0 /(42.1%) |  | 잔물결이 발생함 물결이 커지고(파고 0.6 m), 파마루가 부서져서 물거품이 생겨 흰 파도가 간간히 보임. |
| 1.0-1.5 /(13.1%) |  | 파도가 잔잔하지만 파장이 길어짐 파도가 일고(파고 1 m), 파장이 길어지며 흰 파도가 많이 보임. |
| 1.5-2.0 /(7.0%) |  | 파도가 길고, 거칠어지며 파마루가 부서져 흰 파도가 발생함. |
| 2.0-3.0 /(8.9%) |  | 길고 높은 파도가 발생하고 흰 파도가 종종 보임 파도가 조금 높아지고(파고 2 m), 흰 파도가 많이 나타나고 물거품이 생기기 시작함. |
| 3.0-4.0 /(2.8%) |  | 물결이 매우 높아지고 물보라가 생김 물결이 높아지기 시작하고(파고 3 m), 물거품이 광범위해지며 물보라가 생김. |
| 4.0-5.0 /(0.9%) |  | 물결이 높고 흰 물거품에 의한 줄이 선명하게 보임 파도가 높아지고(파고 4 m), 파가 부서져서 물거품이 생겨 줄을 이루며 바람에 의해 날림. |
| 5.0-6.0 /(0.9%) |  | 파도가 거칠면서 높으며 흰 물거품이 제법 높고(파고 5.5 m), 파장이 더 길 폼이 강풍에 날림, 물보라 때문 고 마루의 끝이 거꾸로 됨. 물거품이 강풍에 에 시정이 나빠지기 시작함 날림. |
| 6.0-7.0 /(0.3%) |  | 파도가 거칠면서 높으며 강풍 파도가 높고(파고 7 m), 물거품이 바람(풍향) 에 부서진 흰 물거품 줄무늬가 에 따라 짙은 줄무늬를 띠며, 마루가 흩어져 말 많이 보임 리고 물보라 때문에 시정이 나빠짐. |

유의파고에 따른 영상과 뷰퍼트의 풍력계급표의 해면상태 설명과 비교하면 대부분의 경우에는 뷰퍼트의 해면상태 설명이 실제 촬영한 영상과 비슷했다. 단, 뷰퍼트는 파고가 0.6 m 정도에서부터 파마루가 부서져 물거품이 생겨 흰 파

도가 간간히 보인다고 설명하고 있지만 속초지점에서 관측된 영상에서는 유의파고가 1.5~2.0 m 사이에서 처음으로 부서진 물거품이 생겨 흰 파도가 발견되었다. 그러나 속초연안해역에서 획득한 본 연구결과만으로 뷰퍼트의 풍력계급

표에 대해 맞고 틀림을 논할 수는 없다. 단지, 속초해역에서 관측된 파고와 이미지를 현재 가장 많이 이용되고 있는 뷰퍼트의 풍력계급표와 비교함으로써 수년간 해면을 바라본 전문가가 아니더라도 파고 목측에 대한 물리적 감각을 가질 수 있게 되었다.

4. 결 론

해수면의 상태를 보고 파랑의 높이를 측정하는 목측은 선박이나 먼 바다에서의 파랑관측 방법으로 여전히 이용되고 있으며 오랜 숙련자의 경우에는 상당히 정확한 파랑을 관측할 수 있다. 이러한 목측의 표준지표로 뷰퍼트 풍력계급표가 가장 널리 이용되고 있지만 이 지표에 설명된 해수면의 모양은 바다와 친숙하지 않은 연구자 또는 일반인에게는 매우 생소한 것일 수밖에 없다. 현대의 현장계측기술은 지속적으로 발전하여 무선통신을 이용하여 실시간으로 해양관측자료를 획득할 수 있는 수준에 이르렀으며, 기존의 파고 및 기상 관측시설과 함께 현장의 영상자료까지 획득할 수 있게 되었다.

본 연구에서는 속초등표에 설치되어 있는 해양관측지점에 무선영상전송장치를 설치하여 파랑자료와 영상이미지를 각각 수집하고 파고센서로 수집된 유의파고별로 그 당시의 현장이미지를 분류하였다. 속초해역에서 관측된 해상상태 영상들과 뷰퍼트 풍력계급표의 해면 상태 설명과 비교한 결과 해상상태 영상자료의 가치를 확인할 수 있었다. 뷰퍼트 풍력계급표는 순수하게 목측이나 파고측을 이용하여 목측으로 만들어진 것에 비해 본 연구의 결과는 정밀한 파고센서와 과학적인 해상상태 영상정보 수집으로 파고의 실제적인 모습을 파악할 수 있었으며 관측파고의 신뢰성을 제고할 수 있는 기회가 되었다.

본 연구에 사용된 자료들은 양질의 데이터로 선정된 2006

년 9월부터 10월 15일까지의 속초해역에서 관측된 6,480개의 파고수치자료와 180개의 영상자료들이며, 유의파고 0~7.0 m까지 9단계로 분류된 대표영상들은 뷰퍼트 풍력계급표의 0에서 9까지에 해당하는 파고이다. 항 후 대상해역을 속초해역, 심해역 및 기타해역으로 확장하고 지속적인 현장관측을 통해 보다 많은 양질의 현장자료 수집하여 연구결과를 태풍의 수준인 유의파고 12 m 까지 확대하여 분석된 결과를 지속적으로 보완할 예정이다.

감사의 글

본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제번호 2-1-3)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- 기상청 홈페이지(www.kma.go.kr).
 김상문(2002). 파스칼 세계대백과. 동서문화동판(주).
 안희도, 신승호, 정원무, 이광호(2002). 파를 쟀다. 한국해양연구원.
 이종국, 임광순(2007). 유비쿼터스 하천유황 모니터링 시스템 개발 3차년도 요약보고서. 수자원의 지속적 확보기술 개발사업단.
 해양수산부(2001). 국가해양관측망 기본계획.
 Isemer, H.J., (1992). Comparison of estimated and measured marine surface winds. Proc. Int. COADS Workshop, Boulder, CO, NOAA/ERL, pp. 143-158.

Received April 12, 2007

Accepted July 11, 2007