

동해 강구항 해양파랑의 계절별 변동 특성 비교 연구 - 2006년도 3월 계절풍과 8월 태풍 내습시를 중심으로

윤한삼 · 유창일* · 나원배* · 류청로* · 한봉수** · 권도형**
부경대학교 해양산업개발연구소, *부경대학교 해양공학과, **포항지방해양수산청

Characteristics on the Seasonal Variation of Ocean Wave at the Ganggu Fishing Port, Korea

HAN-SAM YOON, CHANG-ILL YOO*, WON-BAE NA*, CHEOUNG-RO RYU*, BONG-SU HAN AND DO-HYEONG KWON**

Research Center for Ocean Industrial Development, Pukyong National University, Busan, Korea

*Dept. of Ocean Engineering, Pukyong National University, Busan, Korea

**Pohang Regional Maritime Affairs & Fisheries Office, Pohang, Korea

KEY WORDS: Ganggu Port 강구항, Seasonal Variation 계절변동, Typhoon 태풍, Higher Wave 고파, Wave Observarition 파랑관측

ABSTRACT: 본 논문에서는 한국 동해 강구항 전면해역에서 계절풍이 탁월한 3월과 태풍 우쿵(WUKONG) 내습시 8월에 수압식 파고계를 이용하여 파랑관측을 실시하였다. 관측파랑자료의 해석을 통해 관측시점에서의 계절풍 및 태풍내습시의 기상현황과 파랑과의 상호관련성, 발생파랑의 통계적 특성을 분석하였다. 그 결과에 따르면 관측기간동안 강구항 전면해역에서는 직립방파제 설계식의 관계식 $H_{max} = 1.8H_s$ 를 초과하는 고파랑이 태풍 내습시 발생하며, 계절풍이 발달한 시기에는 약 3m 파고의 파랑이 발생하였다.

1. 서 론

동해안에 위치한 대부분의 어항들은 파랑과 해빈류가 표사 이동의 주위력으로 인근에 사빈해안이 생성되고 항입구부가 쇄파대 내에 위치하여 지형변화 가능성이 높고(김, 2001), 이로 인해서 항내매물 현상이 빈번하게 발생하고 있는 상황이다.

이 중 영덕군에 위치한 강구항의 경우 방파제 및 방사제 설치를 통해 항내매물을 방지하기 위한 노력을 기울여 왔으나 지속적으로 항내매물 및 해안선 변화, 하천류의 반류로 상류지역에 토사의 집적현상이 발생하여 하천수의 유출을 방해하고 있는 실정이다. 이로 인해 발생한 항로 수심 감소로 선박의 좌초 및 인명피해가 발생하고 있으며, 이에 대한 대책으로 주기적으로 준설을 실시함으로써 적지 않은 사회적/경제적 문제로 대두되고 있는 실정이다(윤 등, 2005).

그러나 소규모 어항에 대해 항내매물을 사전에 방지하고 적절한 항로수심 유지·보전을 위해 기존에 수행해 오던 방파제 및 방사제 설치 등의 Hardward적 대처방안에 앞서 항내매물 원인에 대해서 외해로부터 침입하는 파랑에 대한 체계적이고 지속적인 현장 모니터링과 원인 규명과정이 부족한 상황이다. 아울러 해양공학 및 해안공학 문제점을 해석하기 위한 연구는 미흡한 실정이며 계절풍과 태풍 내습시의 실제 파랑관측을 통해 항내매물에 미치는 파랑특성 및 어항의 방파제 및 물양장과 같은 구조물 설계에 적용한 사례는 찾아보기 힘들다.

따라서 본 연구에서는 한국 동해 강구항 전면해역(Fig. 1)에서 계절풍이 탁월한 2006년 3월(16일 15:00~31일 01:00)과 태풍 우쿵(WUKONG) 내습시 8월(9일 10:30~23일 20:30)에 수압

식 파고(AWH-16M)을 이용하여 20분의 파랑관측을 하루 12번, 2시간간격으로 실시하였다. 이들 파랑자료 해석을 통해 관측시점에서의 계절풍 및 태풍내습시의 기상현황과 파랑과의 상호관련성, 발생파랑의 통계적 특성을 분석하여 동해 강구항 해역에 내습하는 파랑의 특성과 해안선 변화 및 구조물 설계를 위한 설계인자로서의 기초자료를 제공하고자 하였다.

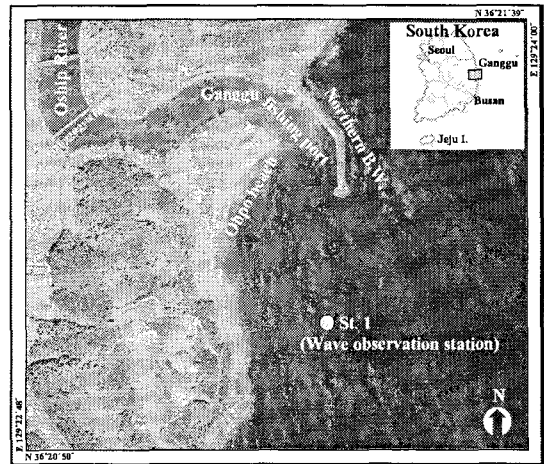


Fig. 1 Location map of wave observation station

2. 재료 및 방법

2.1 기상변화(계절풍 및 태풍 내습)

연구 대상해역의 해양파랑 발달에 영향을 미치는 기상요소, 풍향 및 풍속은 과거 20년간(1983년부터 2002년까지) 영덕관측

소에서 관측되어진 자료를 바탕으로 해석하였다. 그 결과에 따르면 Fig. 2와 같이 평균풍속은 약 2.2 m/sec이고 최대풍속은 약 18.2 m/sec로 동절기에 주로 강한 바람이 불며, 연중 풍향별 바람내습 양상을 살펴보면 S가 12.7%로 가장 우세하고, 다음으로는 W(11.5%), WNW(10.0%), NE(8.61%) 순으로 나타났다. 현장파랑관측시 3월 및 8월의 15일간의 평균풍속의 변화는 Fig. 3과 같다. 3월의 경우 13일 이후 큰 변동 상태를 나타내며 8월의 경우 태풍의 내습시기인 17일부터 19일까지 큰 값을 가지다가 그 외에는 풍속 2m/sec이하의 값을 나타내었다.

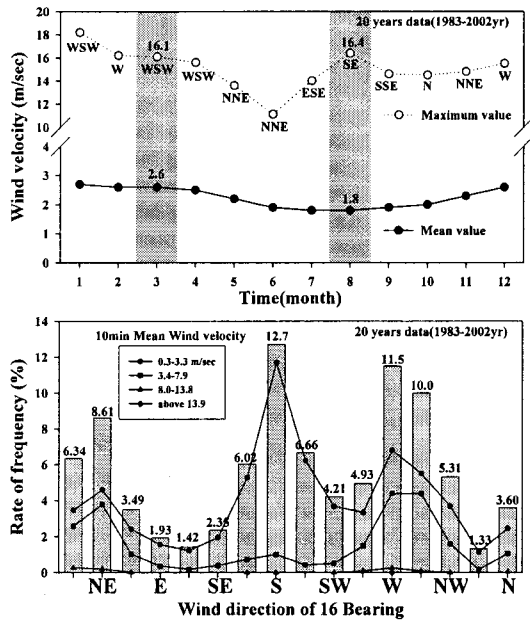


Fig. 2 Maximum velocity(top) and rate of frequency(bottom) of 20 years-averaged wind

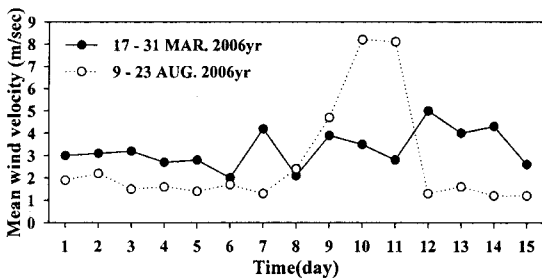


Fig. 3 Daily variation of mean wind velocity on the condition when wave data observed

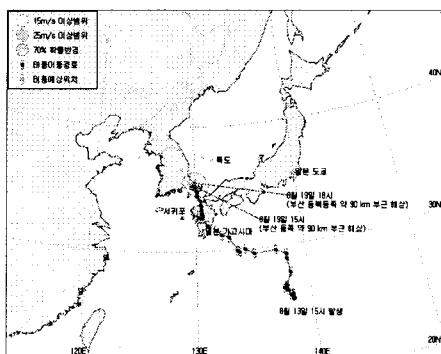


Fig. 4 Track of typhoon Wukong

2006년 8월 한반도에 내습한 태풍 우쿵(WUKONG)은 우리나라에 영향을 미치는 8월 19일 15시에 994 hPa이며 최대 풍속 61 km/hr로서 강풍반경은 약 120 km의 소형 태풍으로서 19일 18시 부산 동북동쪽 약 90km 부근 해상에서 소멸한 태풍이다 (기상청 홈페이지). 태풍 우쿵의 진행경로는 Fig. 4와 같으며, 본 연구 대상해역에는 태풍의 직접적인 영향이기보다는 태풍 도달전·후의 장주기 해양파랑의 전달에 의한 간접적인 영향이 발생하였을 것으로 판단된다.

2.2 해양파랑관측 및 시계열 분석

현지파랑관측의 1회의 기록시간은 약 20분으로 하는 것이 표준이며, 파랑기록의 측정간격은 짧을 수록 좋지만, 유의파주기의 1/10이하로 하되 가능하면 1/20 정도로 하는 것이 좋다. 그러나 측정간격이 길면 파고가 작은 파를 읽지 못하고 파형의 최대치나 최소치를 과소평가할 우려가 있다(Goda, 1985; 손 등, 2001). 본 연구에서 사용되어진 수압식 파고계(AWH-16M)는 해저부근의 파고계 설치점에서의 수압변동을 측정하여 수면변동으로 변환하는 것이다. 설치수심은 천수변형 및 굴절 등의 영향을 받을 수 있는 수심이며 현재 강구항 외곽방파제가 설치되어진 수심과 유사하다. 실제 해상의 불규칙한 파를 검출하기 위하여 Zero-up cross법으로 파고와 주기를 정의하며, 자유표면에 의해 검출되어진 파고는 다음과 같은 식으로 보정하였다.

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

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 처리하였으며, 최대파고가 발생하는 시기에 스펙트럼해석도 병행하여 해석하였다.

2.3 최대파고의 출현 및 확률분포

최대파고가 확정될 수 없는 것은 실제 설계에 대단히 불편할 뿐만 아니라 공학적으로 매우 불편한 일이다. 따라서 설계의 대상이 되는 파의 계속시간 즉, 파의 수를 고려하여 어떤폭의 오차를 허용하는 H_{max} 의 값을 선택하지 않으면 안된다. 일반적으로 적용되고 있는 관계식은 $H_{max} = (1.6 - 2.0)H_s$ 이며, 특정한 파고는 설계파 추정치의 신뢰도, 계산공식의 정도, 구조물의 중요성 및 파괴의 거동특성 등을 감안하여 선택된다(손 등, 2001). 실제 설계에서는 $H_{max} = 2.0H_s$ 이상의 값을 취하는 경우가 많다. 본 연구에서 얻어진 파랑해석결과는 최대파고와 유의파고의 일반적인 관계식과 비교하고자 한다.

2.3 파랑에너지 스펙트럼의 대역폭 및 형상

일반적으로 파랑의 주파수스펙트럼의 주파수에 대한 에너지 분포의 폭을 나타내는 파라미터로서 다음과 같은 스펙트럼 대역폭 파라미터 ν 와 ϵ 이 사용되고 있다. ϵ 은 Longuet-Higgins(1962)가 도입한 것으로 스펙트럼 폭 매개변수라 하며, 0에 가까운 값을 가지면 협대역 스펙트럼(narrow band spectrum)이라 하고, 1에 가까울 때는 광대역 스펙트럼(wide

band spectrum)이라 한다. Longuet-Higgins(1962)는 $\epsilon \ll 1$ 일 때는 다음의 관계가 성립하는 것을 증명하고 있다.

$$v \approx 1/2 \epsilon \quad (2)$$

스펙트럼 파라미터 ϵ 은 스펙트럼 전체의 형상보다 고주파 측의 경사에 크게 영향을 만든다. 그래서 Goda(1985)는 스펙트럼 피크의 첨예도를 나타내는 것으로서 다음과 같은 파라미터 Q_p 를 제안하였다.

$$Q_p = \frac{2 \int_0^* fS(f)^2 df}{[\int_0^* S(f)df]^2} \quad (3)$$

Q_p 는 백색잡음일때는 1.0의 값을 취하고, 스펙트럼의 피크가 뾰족할수록 큰 값을 취한다. 해석에 사용되어진 파랑관측자료는 3월 및 8월의 경우 최대파고 발생 시점에서의 20분 관측자료를 사용하였다.

3. 결과 및 해석

3.1 해양파랑 시계열 분석

Fig. 5는 관측되어진 파랑의 최대유의파 및 최대파의 파라미터(파고 및 주기)를 시계열로 나타낸 것으로 (a)는 3월, (b)는 8월에 해당한다. 특히 (a)는 기상교란에 의한 폭풍성 파랑이, (b)는 태풍 내습에 의한 고파랑의 발생 상황을 잘 나타내고 있음을 알 수 있다. 먼저 3월의 경우 19일과 21일 경에 파고와 주기가 역 상관관계를 나타내는 상황을 나타내었으며, 8월의 경우 12일부터 15일까지 파고는 작지만 주기의 변동폭이 큰 상황을 나타내었는데 이는 Fig. 3의 파랑자료와 비교해 볼때 바람에 의한 영향과는 다른 요소에 의해 장주기 파랑이 발생하였음을 알 수 있다. 또한 Fig. 6은 파고계 설치지점에서의 계측되어진 해면상승과 조석표에 따른 비교결과를 나타내고 있다.

3.2 최대파고의 출현 및 확률분포

강구항에서 관측되어진 해양파랑자료를 최대파고와 유의파고의 일반적인 관계식과 비교하고자 한 것이 Fig. 7이다. 여기서 (a)는 3월, (b)는 8월에 관측되어진 결과를 나타낸다.

이 그림에서 직립방파제 설계식의 관계식 $H_{max} = 1.8H_s$ 를 초과하는 파랑이 8월에 다수를 나타내었는데 이는 태풍의 영향에 의한 것으로 판단된다. 이와 같은 결과는 향후 강구항 인근의 구조물 설계시 적용가능한 모델식으로 사용가능하리라 판단된다.

3.3 대표파의 선형성과 비선형성과의 관계

해양파랑의 통계적 특성은 주로 협대역 스펙트럼을 가정하고 추정되었으나, 해양파랑의 스펙트럼은 광대역을 가지는 다양한 형상으로 나타나고 있다(Fig. 7). 이러한 형상효과를 해양파랑의 통계치 계산에 고려하기 위하여 주로 사용되어온 spectral peakedness parameter Q_p 의 규정된 파고치를 초과하는 파가 이 파고 이하로 떨어지지 않고 연속해서 출현하는 파

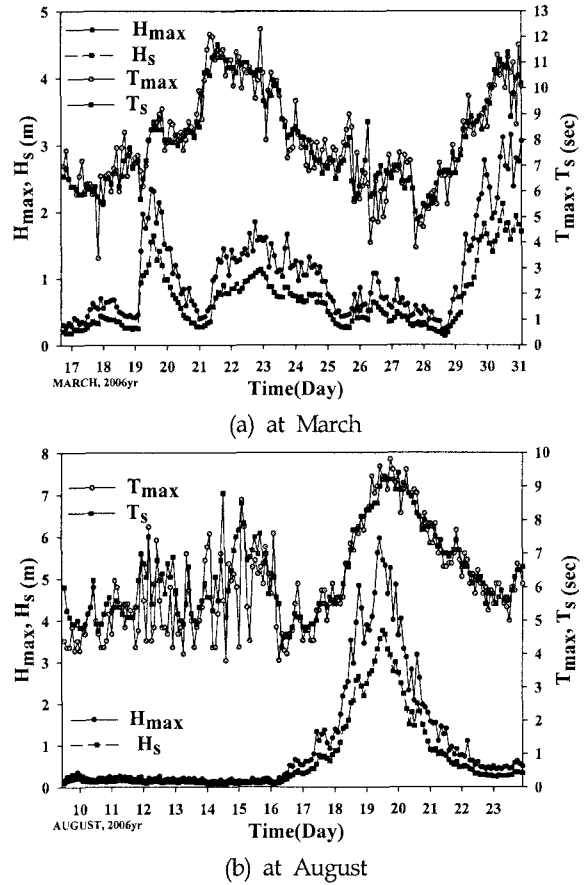


Fig. 5 Daily maximum and significant wave parameters

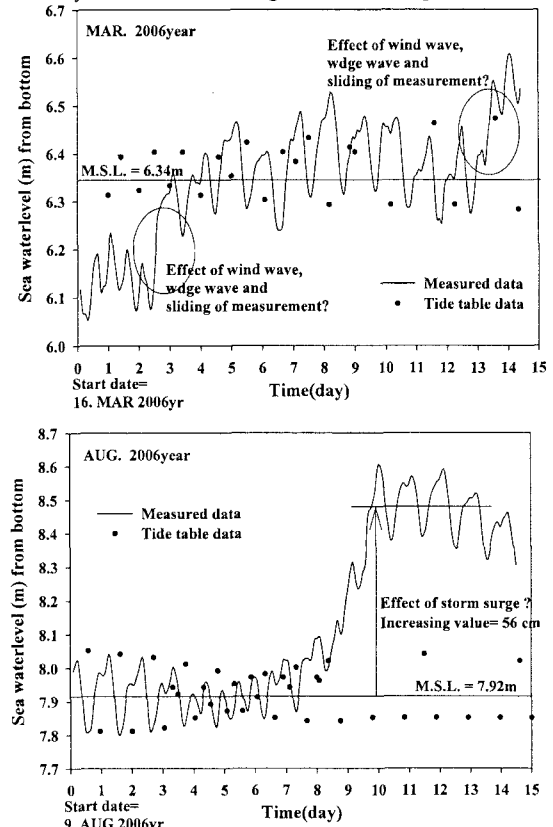


Fig. 6 Daily sea waterlevel variation and compare measured and predicted data

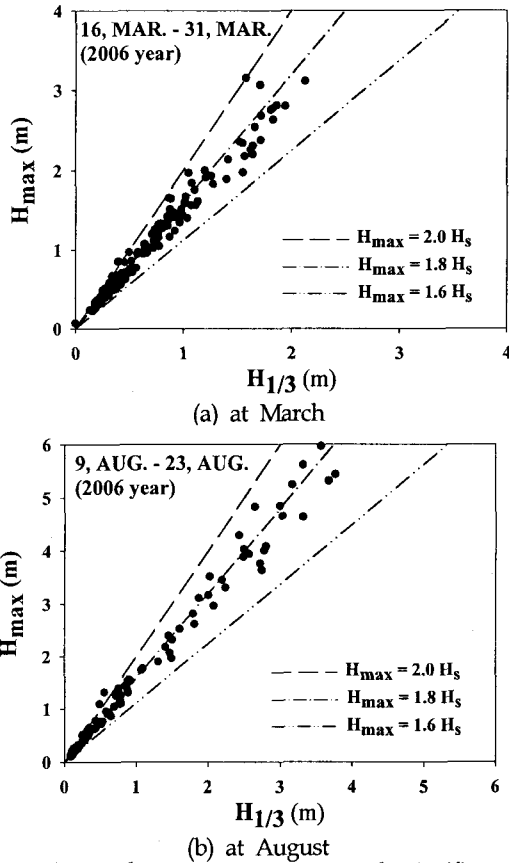


Fig. 7 Relation between maximum and significant wave heights at two seasons

의 수를 세어 나타낸 값의 평균치인 평균파군길이인 Mean run-length(Goda, 1985)에 따른 통계적 대표파간의 관계는 Fig. 8과 같이 나타났다. 이 그림은 관측기간중 얻어진 최대 유의파고값들인 고파에 해당되는 제한된 현장자료로서 회귀직선을 나타낸 것이다. 이러한 선형적인 관계는 특히 부유구조물의 장주기 진동, surf beat, 방파제 피복블럭의 안정성 및 호안 월파랑의 변동 등과 같은 현상에 영향을 미치는 파군의 표현에 유용함을 보여주고 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 한국 동해 강구항 전면해역에서 계절풍이 탁월한 3월과 태풍 우콩(WUKONG) 내습시 8월에 수압식 파고계를 이용하여 파랑관측을 실시하고 이들 파랑자료 해석을 통해 관측시점에서의 계절풍 및 태풍내습시의 기상현황과 파랑과의 상호관련성, 발생파랑의 통계적 특성을 분석하였다. 그 결과, 강구항 전면해역에서는 직립방파제 설계식의 관계식 $H_{max} = 1.8H_s$ 초과 파랑이 태풍 내습시 다수 발생하였다.

후 기

본 연구는 포항지방해양수산청의 지원으로 수행된 연구결과 중 일부임을 밝히며, 연구비 지원에 감사드립니다. 이 연구에 참여한 유창일은 「2단계 BK21 사업」의 지원비를 받았음.

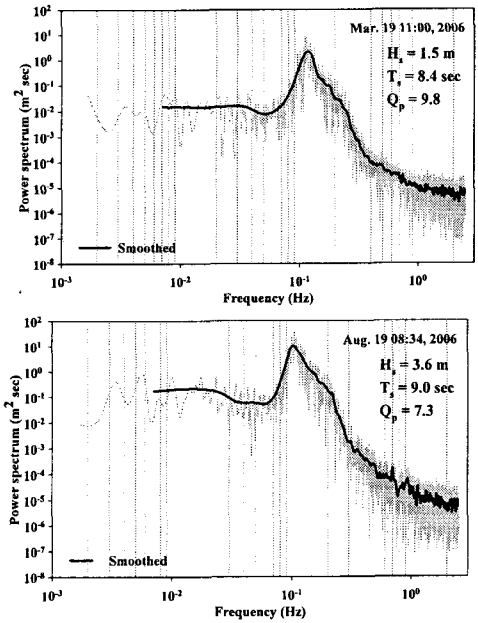


Fig. 8 Comparison of power spectrum at March(top) and August(bottom) season

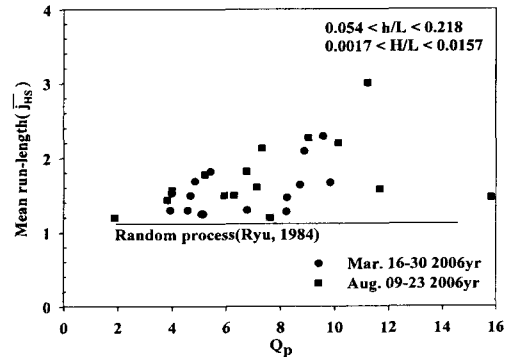


Fig. 9 Relationship between mean run-length and Q_p of higher waves

참 고 문 헌

기상청 (2005). 기상월보.
 기상청 홈페이지. <http://www.kma.go.kr>
 김규한 (2001). "소규모 어항의 항내매몰 방지대책 검토", 한국해양학회지, 13(2), pp 167-176.
 류청로 (1984). 사석방파제의 수리학적 최적설계에 관한 기초적 연구. 오사카대학 박사학위 논문.
 손병균, 류청로 (2001). "주전해역의 파랑의 통계적 변동 특성", 한국해양학회지, 15(3), pp 20-27.
 윤한삼, 유창일, 류청로, 선병길, 윤호권 (2005). "동해 강구항 항내매몰과 단순 박스모델을 이용한 매몰량 추정", 한국해양학회 2005년도 추계학술대회 논문집.
 Goda (1985). Random sea and design of marine structures, University of Tokyo Press, pp 1-323.
 Longuet-Higgins, M.S. (1962). "Radiation stress and mass transport in gravity waves, with application to surf beat", J. of Fluid Mech., 13, pp 481-504.