

## 가덕 수도에서의 단주기파 관측 및 분석

정원무\* · 채장원\*\* · 정신태\*\*\*

### 1. 서 론

흐름이 존재하는 수역을 파가 전파할 때 파는 흐름과의 상호작용에 의해 그 특성이 변형된다. 예를 들면 파와 흐름의 진행 방향이 같을 때는 파고의 감소, 반대일 때 파고의 증가로 나타난다. 후자의 경우 흐름에 의해 반사파가 생성될 것으로 사료되나 실제 해역에서 이러한 현상을 관측하는 것은 거의 찾아보기 어렵다.

동해안의 경우 통상 관측지점에서 흐름의 세기가 작기 때문에 흐름에 의한 파의 굴절 현상이 잘 나타나지 않는다. 반면에 서해안은 비록 조류의 세기가 크나 육지에 인접한 천해역에서 관측을 실시되는 경우 조류 방향과 파향이 거의 직각을 이루는 경우가 많아서 흐름에 의한 파랑 변형이 거의 나타나지 않는다.

한국해양연구소에서는 1992년 8~9월과 1993년 2~3월에 영광원자력발전소 배수구로부터 WNW 방향으로 5.5 km 떨어진 평균해면하 수심 9.5 m에서 네덜란드 Datawell 사의 DWB(Directional Waverider Buoy)를 이용하여 파고·파향 관측을 실시하였다(한국전력공사 원자력건설처, 1994). 관측자료의 분석 결과에 의하면 하계에 파향이 W~WSW일 때는 어느 정도 반사파 성분이 나타났으나 동계에 파향이 NNW~WNW일 때는 반사파 성분이 전혀 나타나지 않았다.

본 연구에서는 남해안에 위치한 부산 신히항 실시설계의 일환으로 가덕 수도에서 실시된 파고·파향 동시관측 자료의 분석 결과를 중심으로 흐름 방향의 변화에 따른 파고 및 방향 스펙트럼의 변화를 검토하였다. 본 조사 해역은 대조시 낙조류 최강 유속이 약 2.4 knot여서 여기에서의 관측 자료들은 조석이 강한 해역에서의 파랑 변형 수치모형의 검증시에 유용하게 사용될 수 있을 것으로 사료되었다.

### 2. 현장관측 및 자료 분석

가덕 수도를 전파하는 단주기파의 전파·변형 특성을 파악하기 위하여 가덕도 서안의 2개 정점(Fig. 1의 DW와 SW)에서 2대의 DWB를 이용한 단주기파 동시관측을 실시하였다. 1996년 7월 20일부터 10월 16일까지의 약 3개월간에 걸쳐 매시간 약 27분간(0.78125초 간격의 자료 2,048개)씩 자료를 수집하였다(해양수산부, 1997).

\* 선임연구원, 한국해양연구소 연안·항만공학연구센터

\*\* 책임연구원, 한국해양연구소 연안·항만공학연구센터

\*\*\* 조교수, 원광대학교 공과대학 토목환경공학과

파고와 주기는 스펙트럼 분석법과 파별분석법, 그리고 파향은 LHM(Longuet-Higgins 등, 1963) 및 MEM(Maximum Entropy Method; 오 등, 1992)으로 처리하여 여러 가지 파랑특성계수들을 산출하였다. 파향 분석의 경우 대표 파향의 추정 및 파향 분산각 계산시에는 LHM을, 그리고 폭풍시의 상세한 방향 스펙트럼 분석시에는 MEM을 사용하였다.

분석 결과 정점 DW에서 구해진 자료의 평균파향은 대부분 SE~SSE 사이였으며, 유의파주기는 태풍 제9609호 Herb의 간접적인 영향을 받은 7월 27일~8월 3일 사이를 제외하면 대체로 7초 이하였다. Fig. 2에는 2개 정점에서 관측된 파랑자료중 1996년 8월 1일 0시부터 10일간의 유의파고, 유의파주기 및 평균 파향의 변화를 도시하였다. 정점 SW에서의 관측치는 정점 DW에서의 관측치보다 주기가 약간 짧아졌고 평균파향은 대체로 SSE~S 사이로 정점 DW에서의 자료에 비해 상당히 S 방향으로 변화되었는데 이는 수심 변화에 의한 굴절 효과에 기인된 것으로 사료된다. 관측기간중 태풍 Herb가 대만을 거쳐 중국에 상륙하는 과정에서 발생한 너울이 7월 31일부터 점차 남해안에 나타나기 시작하여 8월 2일 9시에 1.87 m의 최대 유의파고가 관측되었다(유의파주기는 14.7초). 본 연구에서는 태풍 Herb에 의한 너울을 중심으로 정점 DW와 SW 사이에 발생한 파랑 변형 특성을 파고, 평균파향 및 주파수와 방향 스펙트럼을 중심으로 분석하였다.

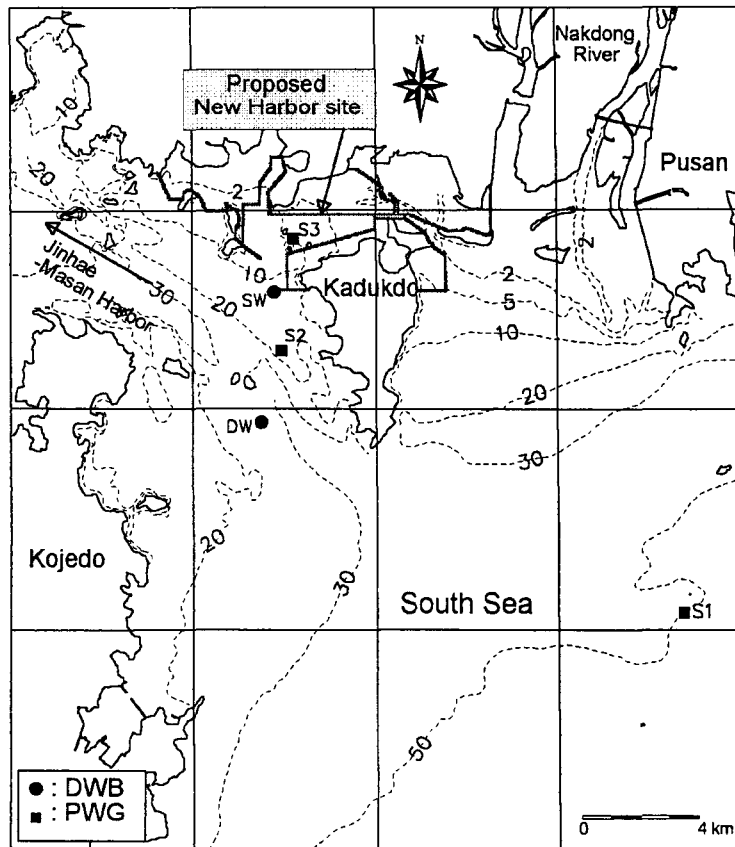


Fig. 1 Location map of field measurements for short wave transformation.

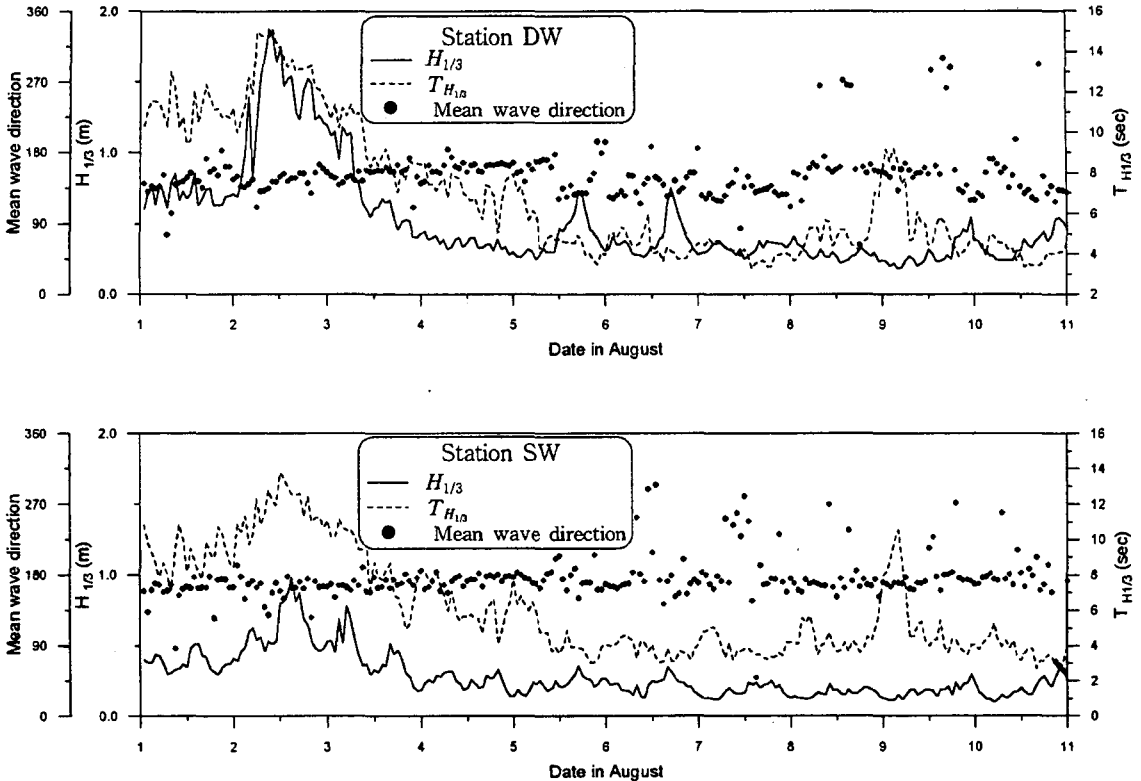


Fig. 2 Time series plot of significant wave height, period and mean wave direction measured at stations DW and SW from August 1 to August 10 in 1996.

### 3. 폭풍파의 전파·변형

#### 3.1 파고비 변화 특성

Fig. 3에는 2개 정점에서 관측된 파랑자료중 1996년 8월 1일 0시부터 8월 3일 24시까지의 유의파고, 유의파주기 및 평균 파향의 변화를 도시하였다. 이를 살펴보면 조시(조류의 방향)에 따라 정점 DW와 SW 사이의 파고 변화가 상당히 큰 것을 알 수 있다. 두 정점간의 조시의 변화에 따른 파고비(SW/DW) 변화를 보다 자세히 살펴보기 위하여 각 관측 시각에서의 파고비를 구하여 조위 곡선과 함께 Fig. 4에 제시하였다. 두 곡선을 비교해보면 최강 낙조류시에 파고비가 가장 크고 최강 창조류시에 파고비가 가장 작게 나타나서 파의 진행 방향이 조류의 진행 방향과 비슷할 때는 파고의 감소가 크나 조류 방향과 반대일 때는 파고가 크게 감소되지 않음을 알 수 있다. 한편, 72시간 동안의 파고비 평균은 0.54로 나타나서 파가 정점 DW에서 해저지형이 비교적 복잡한 가덕 수도를 지나 정점 SW로 진행하는 동안 굴절, 해저면 마찰 등의 영향으로 파고가 크게 감소하는 것으로 나타났다.

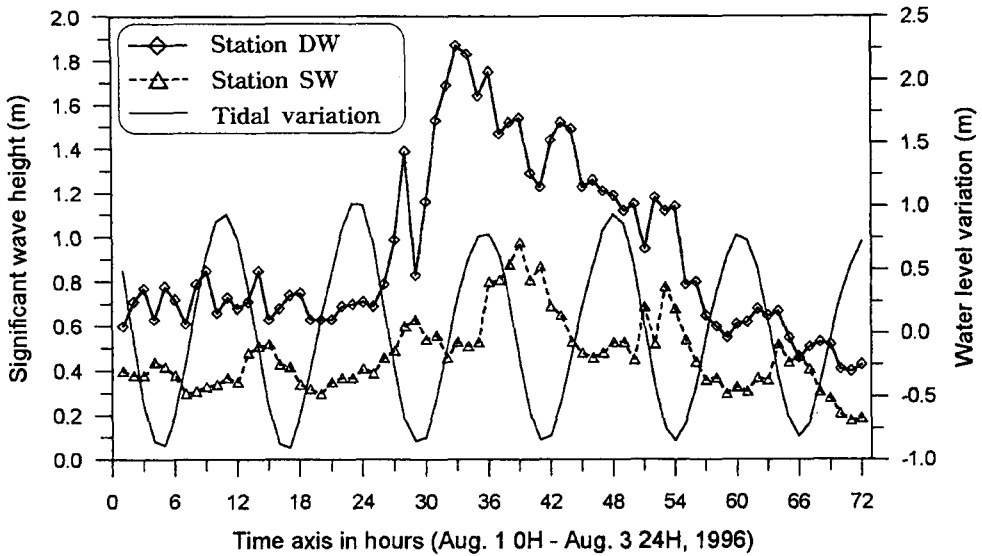


Fig. 3 Variation of significant wave height and period from August 1 to August 3 in 1996.

### 3.2 파의 방향 스펙트럼의 변화

관측기간중 8월 2일의 최강 창조류시(08시)와 최강 낙조류시(14시)에 2개 정점에서 관측된 파랑자료의 MEM에 의한 방향 스펙트럼 분석 결과를 각각 Fig. 5와 6의 상부에 제시하였는데 그림에서 좌측이 정점 DW에서의 자료, 우측이 SW에서의 자료를 나타낸다. 각 그림의 하부에 제시된 주파수 스펙트럼은 JONSWAP형과 유사하며 협대역을 가진 스펙트럼 형태가 많이 나타났다.

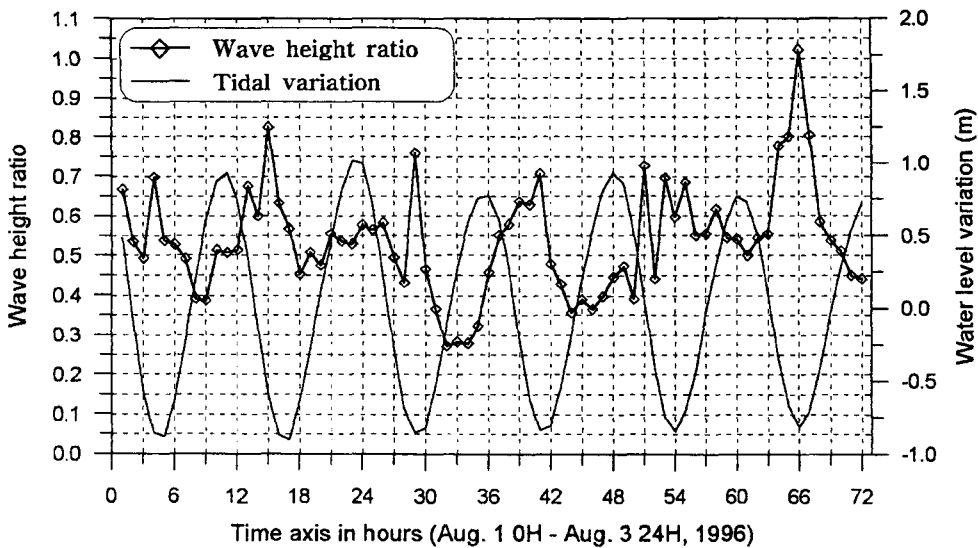


Fig. 4 Variation of wave height ratios between stations DW and SW.

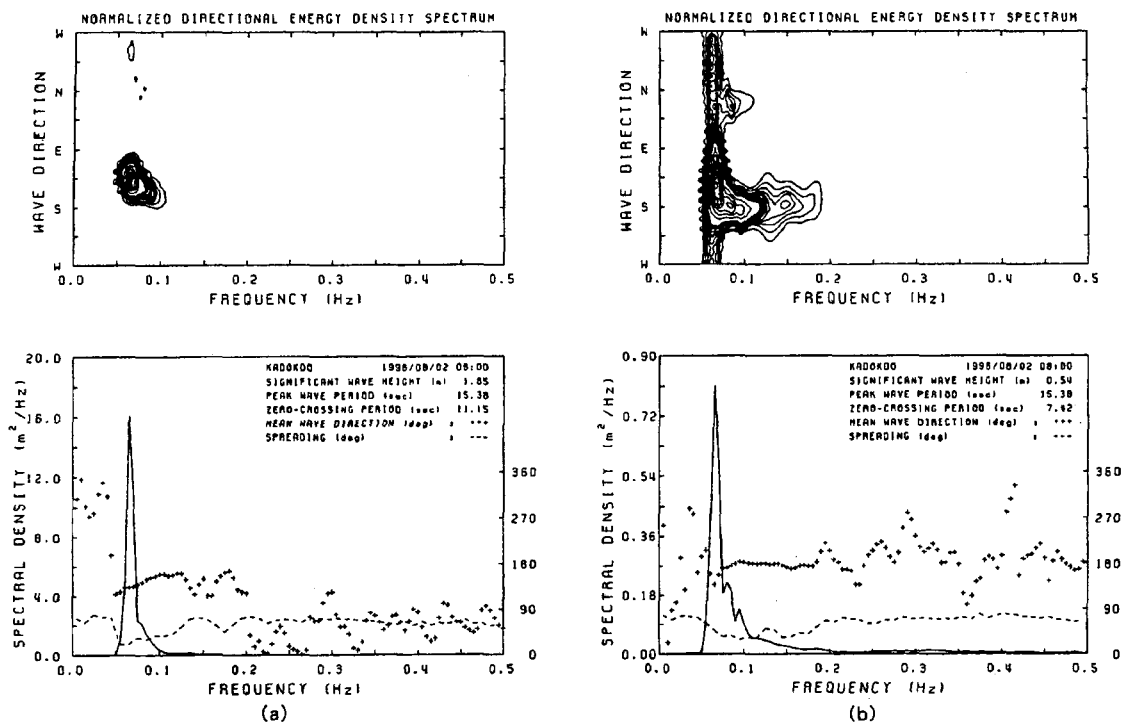


Fig. 5 Directional wave spectra at stations DW and SW during flood tide.

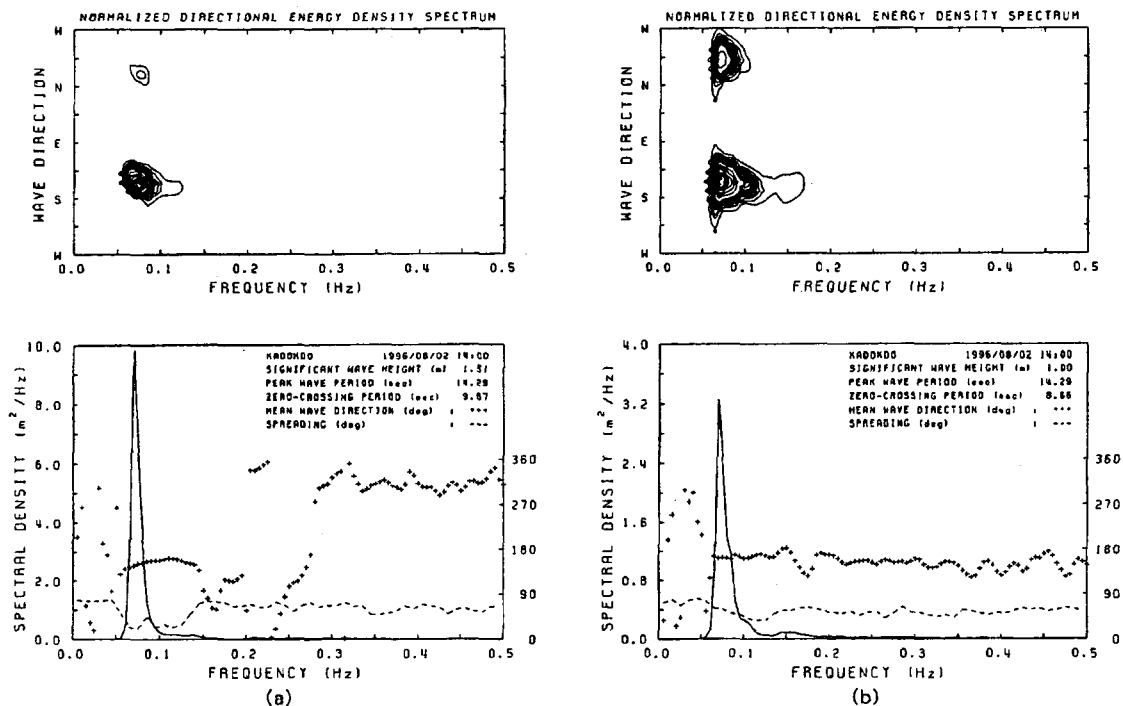


Fig. 6 Directional wave spectra at stations DW and SW during ebb tide.

Fig. 5를 보면 DW에서는 방향 스펙트럼이 반경이 작은 동심원의 형상을 나타내어 전형적인 너울임을 알 수 있다. 그러나, SW에서는 방향 스펙트럼의 폭이 2배 정도로 넓어지고 첨두치 출현 방향도 약간 S 방향으로 이동하였다. 이는 파의 진행 방향과 흐름의 방향이 거의 같아서 파향의 분산이 비교적 크고 비선형 현상에 의한 고주파수 성분이 생성된 것으로 보인다.

Fig. 6을 보면 방향 스펙트럼의 경우 첨두치가 출현하는 동심원의 위치는 동일하나 그 크기가 상당히 넓어졌고 또한 NW 방향의 파랑 성분도 상당히 강하게 출현하였다. 이는 파의 진행 방향과 흐름의 방향이 거의 반대인 경우로 파향의 분산이 전자에 비해 작으나 에너지는 증가되었다. NW 방향의 에너지는 반대 방향의 흐름 및 수심 변화 또는 계류 라인에 의한 영향으로 추측되나 관측정점 주변에서의 시각별 유속 및 유향 자료와의 비교를 통한 자세한 검토가 요망된다. 한편, opposing current의 표층 유속이 파에 의해 교란되면서 DWB의 가속도계에 포착되었을 가능성도 전혀 배제할 수는 없을 것이다.

#### 4. 결론 및 토의

가덕도 서안의 가덕 수도에서 2대의 DWB를 사용하여 1996년 여름의 약 3개월 동안 파고와 파향의 동시관측을 실시하고 자료를 분석하였다. 이하에 간략하게 분석 및 검토 결과를 제시하였다.

- 평균파향은 정점 DW의 경우 SE~SSE, 정점 SW의 경우 SSE~S 사이로 정점 DW에 비해 상당히 S 방향으로 변화되었다.
- 최강 낙조류시에 파고비가 가장 크고, 최강 창조류시에 파고비가 가장 작게 나타났다.
- 정점 DW와 SW에서 모두 관측된 반사파는 반대 방향의 흐름 또는 계류 라인에 의한 영향으로 추측되나 이에 대해서는 추후 자세한 검토가 필요하다.

#### 참 고 문 헌

- 오병철, 박경수, 심재설, 1992. Array를 이용한 파향 스펙트럼 산정에 관한 연구, 해양연구, 제14권 제2호, pp. 111-129.
- 한국전력공사 원자력건설처, 1994. 원자력발전소의 온배수 영향 저감방안 연구(영광원전), 수행기관 한국해양연구소, 336 p.
- 해양수산부, 1997. 부산 신항 방파제 실시설계 용역 수치모형실험보고서, 수행기관 한국해양연구소, 375 p.
- Longuet-Higgins, M. S., Cartwright, D. E. and Smith, N. D., 1963. Observation of the directional spectrum of sea waves using the motions of a floating buoy, In Ocean Wave Spectra, Prentice-Hall, Inc., pp. 111-136.