

웨이블릿방법을 이용한 조위편차 성분 분리 및 단주기 특성 분석 Decomposition of Tidal Residual Data Using a Wavelet Method and Characteristic Analysis of Their Short-period Components

강주환* · 김양선* · 조홍연**

Ju Whan Kang*, Yang-Seon Kim* and Hongyeon Cho**

요 지 : 조차가 큰 해역에서 조위편차 역시 크게 나타나고 있음은 조위편차 내에 조석성분이 남아있음을 의미한다. 상관관계함수를 통한 분석을 시행한 결과에서도 서해안 해역에서 조석주기 부근의 자기상관계수가 크게 나타나고 있어 이러한 사실을 뒷받침하고 있다. 조위편차의 단주기성분에 해당하는 이러한 조석관련성분을 분석하기 위하여 웨이블릿분석을 시행하였다. 분석 결과에 의하면 조차가 클수록 조석주기성분이 크게 나타나고 있으며 단주기 성분에서 계절별 변화가 심하지 않다는 점과 목포의 경우 천해조성분인 6시간 주기성분이 유독 크게 나타나고 있다는 점에서 단주기 성분과 조석관련성분의 관련성을 연관지을 수 있다. 이와 함께 24시간 이내 단주기 성분의 조위편차는 조석예측오차 및 조석-해일 비선형성 등에 주로 기인하고 있는 것으로 파악되었다. 이러한 조석변조해일 성분은 조석자체에 기인하므로 기상조 성분인 해일고와는 구분되어야 한다.

핵심용어 : 조위편차, 조석변조해일, 상관관계함수, 단주기성분, 웨이블릿분석

Abstract : The fact that tidal residuals are detected greatly at the tide-dominated region implies that tide component has still remained in the tidal residual. Auto-correlation function analysis also show that the auto-correlation coefficients are conspicuous near tidal periods at the Western Coast. A wavelet method was used to analyze characteristics of the short period or tide-relevant residuals. Considering the results that tidal period is prominent at the tide-dominated region, that seasonal variation is trivial at the short periods, and that shallow tidal period is conspicuous at Mokpo, the short period can be considered to be correlated with tide modulated surge. The result also shows short period components stem mainly from tide-forecasting error and tide-surge interaction. Thus tide modulated surge must be distinguished from meteorological surge.

Keywords : tidal residual, tide modulated surge, auto-correlation function, short period component, wavelet method

1. 서 론

조위 관측치와 예측치의 차이인 조위편차(tidal residual)는 관측된 조위자료에서 조화분석을 통해 천문조(astronomical tide) 성분을 제거한 나머지 성분을 의미한다. 이 성분은 주로 기압변화와 바람 등 기상학적 요인에 의해 발생하기 때문에 기상조(meteorological tide) 또는 해일고(surge height)라고도 한다(Pugh, 2004). 이와 같이 조위편차 성분은 전적으로 해일에 의한 성분으로 간주함이 일반적이며 조위편차와 해일고는 의미상의 구분 없이 혼용되고 있다. 단지, 해일고는 주로 태풍에 의한 요소와 같이 방재측면에 주안점을 둔 경우에 사용되는 경우가 많은 반면, 조위편차는 태풍 이외의 요소 및 일반적인 조위자료 분석시 주로 사용되고 있다. 그러나 기상

조건의 차이를 감안하더라도 조차가 큰 서해안의 조위편차가 조차가 작은 남해안과 동해안에 비해 월등히 크게 나타나고 있음(강 등, 2011)은 조위편차 내에 조석성분이 어느 정도 남아있음을 시사하고 있다. 실제로 조위편차가 고조시에 비해 창조와 낙조시에 크게 나타나는 등(Goring et al., 2011) 조석조건과 무관치 않은 것으로 알려져 있다. 이와 관련하여 국외에서는 태풍과 비태풍을 망라한 해일의 정량적 평가가 다양하게 시도되고 있지만(Zhang et al., 2000; Haigh et al., 2010) 국내에서는 관련연구가 매우 드문 실정이다. 본 연구에서는 조위편차 내에 존재하는 조석관련 성분에 대한 해석을 위해 웨이블릿(wavelet)분석을 시행한다. 이를 통해 조위편차 성분 중에 기상조와 무관한 조석관련 성분의 존재여부 및 조위편차의 단주기 성분 특성을 규명하고자 한다.

*목포대학교 토목공학과 (Corresponding author : Ju Whan Kang, Dept. of Civil Engineering, Mokpo National University, Muan-gun, Jeonnam 534-729, Korea. Tel. 061-450-2473, Fax: 061-452-6468, jwkang@mokpo.ac.kr)

**한국해양과학기술원 해양환경보전연구부, 책임연구원 (Marine Environment and Conservation Research Division, Korea Institute of Ocean Science and Technology)

2. 조위편차 자료

2.1 자료 특성

조위편차 특성분석을 위해 국내 연안에 가동중인 국립해양조사원(www.khoa.go.kr) 홈페이지에서 제공하는 33개 검조소 중 관측기간이 20년 이상이고 연안에 위치한 12개 검조소, 즉 인천(IC), 안흥(AH), 군산(GS), 목포(MP) 등 서해안 4개소, 완도(WD), 여수(YS), 통영(TY), 부산(BS) 등 남해안 4개소 및 울산(US), 포항(PH), 묵호(MH), 속초(SC) 등 동해안 4개소의 1시간 간격 조위 관측자료를 수집하였다. 관측된 조위자료로부터 천문조를 분리하기 위해 모든 검조소의 1시간 간격 조위자료를 1년 단위의 조화분석을 통해 해당연도의 조화상수를 추출한 후 이를 통해 해당연도의 천문조를 사후추정함으로써 조위편차를 산정하였다. 이들 조위편차 자료의 분석결과(강 등, 2011)에 의하면 조위편차의 표준편차가 조석이 크게 작용하는 서해안은 10 cm 이상인 반면 여타 해역은 6~9 cm 정도를 보이고 있으며, 30 cm 이상의 조위편차가 발생할 확률 역시 서해안 1~2%인 반면 남해안은 0.1%를 상회하는 정도이고 조석의 영향이 매우 작은 동해안은 0.1%를 밑돌고 있다. 즉, 조차가 클수록 조위편차가 커지는 경향이 나타나고 있어 조위편차와 조석성분이 무관치 않음을 시사하고 있다.

2.2 조석변조해일

조석이 크게 작용되는 해역에서 최대해일고가 고조시에 발생하는 경우는 드물고 창조시에 주로 집중되는 현상을 Rossiter(1961) 및 McInnes와 Hubbert(2003) 등이 언급한 바 있다. 즉, 양의 해일이 발생할 경우 수심 또한 증가하므로 파속도 빨라지게 되어 조석파가 일찍 도달하게 되는데, 수심이 얕을수록 또는 저조시 이 효과는 극대화된다. 이와 같이 조석파가 일찍 도달하게 되면 Fig. 1에 보인 바와 같이 예측치에 비해 특히 창조시 양의 해일이 두드러지게 나타난다. Fig. 1은 임의의 M2분조에서 양의 해일로 인한 수심 증가 등의 원인으로 인해 조석파가 일찍 도달한 경우를 가상적으로 표현한 그림이다. 관측치가 예측치와 다른 모든 조건은 동일한 상태에서 조시만 빨라짐에 의해 최대조위편차가 창조시에 나타나며 조석주기와 동일한 주기를 갖는 조위편차가 발생하고 있다. 저

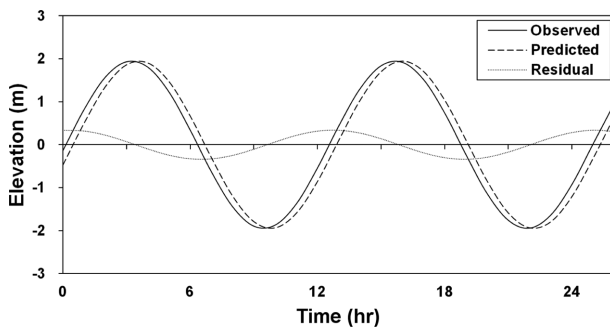


Fig. 1. Tide modulated surge induced by the change of tidal wave celerity.

조시에도 조석-해일 비선형성이 두드러지게 나타날 수 있는데 조위편차성분 중 이러한 조석관련 성분을 조석변조해일(tide modulated surge)이라 한다. 이는 기상조와는 성격이 매우 다른 것으로 조차가 커질수록 크게 나타나게 되며 해일의 침투치는 고조와 어긋나는 경향을 보이게 된다(Horsburgh and Wilson, 2007). 즉, 천문조가 제거된 상태인 조위편차 성분에 기상조 성분 외에도 조석관련 성분이 아직 남아있을 수 있음을 의미하고 있다.

2.3 상관관계함수

조위편차 내에 조석관련성분이 남아있음을 입증하기 위한 추가적인 방법으로 조위편차 자료 시계열에 대하여 상관관계함수(auto-correlation function, ACF) 분석을 실시하였다. ACF 방법은 시계열자료의 어떤 지체시간에서 자기상관계수가 크게 추정되는지를 파악하여 개략적으로 어떤 주기성분이 우세한지를 파악할 수 있는 방법이다(Box et al., 2008). MATLAB을 이용하여 2001년~2005년의 5개년 조위편차 자료에 대한 ACF 분석을 시행한 결과 Fig. 2에서와 같이 서해안과 남해안의 검조소 자료에서 조석주기에

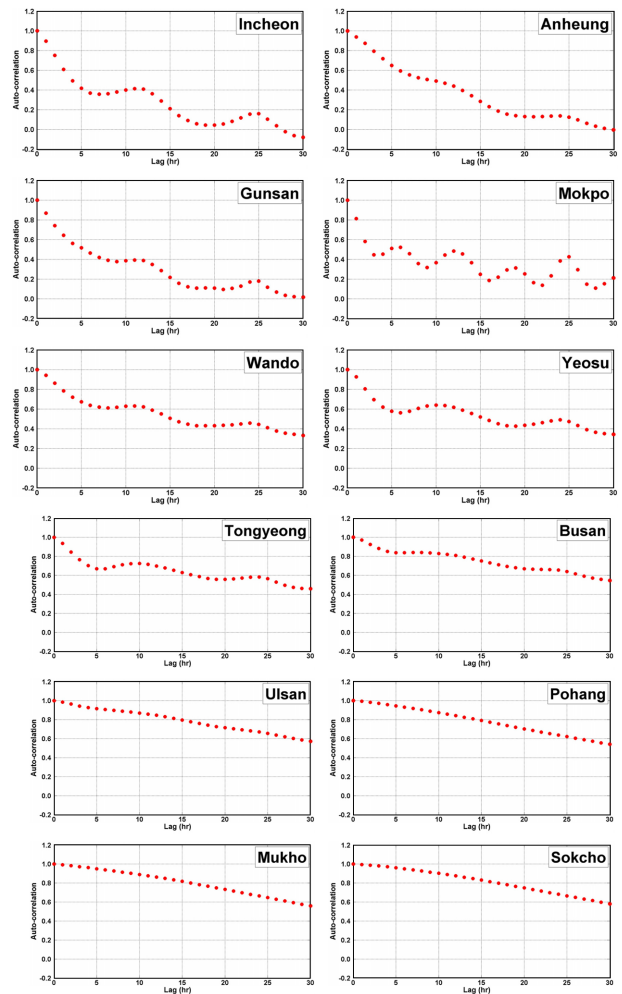


Fig. 2. Results of auto-correlation function analysis of tidal residuals.

해당하는 12시간과 24시간 부근에서 자기상관계수가 높게 나타나고 있는 반면 조석의 영향이 미미한 동해안에서는 이러한 경향이 보이지 않음을 확인할 수 있다. 또한 천해조가 발달하여 국내에서 유일하게 낙조우세를 보이는 목포의 경우 6시간 주기의 자기상관계수까지 두드러지게 나타나고 있다. 즉, 이 결과로부터 조석이 지배적인 해역에서는 천문조가 배제된 조위편차 자료 내에 조석성분이 남아있을 수 있음을 보이고 있다. 이러한 조석변조해일 성분의 특성을 파악함과 동시에 조석변조해일을 배제한 순수한 해일고만을 산정하기 위하여 다음 장에 제시된 바와 같이 웨이블릿(wavelet) 분석을 시행하였다. 이를 통해 조위편차 성분을 주기별로 구분할 수 있게 되어 조석변조해일 성분과 기상조 성분의 정량적 분리가 가능하게 된다.

3. 웨이블릿 분석

3.1 웨이블릿 이론

웨이블릿 분석은 시계열의 분해와 재결합을 통하여 시간(공간)-빈도 영역에서 특성을 결정지을 때 사용할 수 있다. Fourier 분석과 달리 웨이블릿 변환의 기본 함수는 시간(공간)과 빈도 영역에 국한적인 특성을 갖기 때문에 웨이블릿 분석은 수학적인 현미경으로 일컬어지며 시계열의 특정부분에서 국지적인 구조나 특이성을 추출하기 위해 사용된다. 또한 이는 비정상성을 갖는 시계열 분석도 가능하게 한다(Murguia and Canton, 2006).

웨이블릿 분석은 분해와 재구성의 단계로 나뉜다. 웨이블릿 분해는 계층적으로 조직된 분해이며, 시계열을 approximation과 detail 성분으로 나눈다. approximation은 장주기 성분들로 이루어지고, detail은 단주기 성분들로 이루어진다. 원자료에서 approximation과 detail로, 다음 단계에서는 approximation 성분이 점차 세분화되어 간다. 그리고 각각의 성분은 orthogonal 하기 때문에 그대로 더하면 원자료와 같아진다. 한편 웨이블릿 함수에는 Daubechies, Biorthogonal, Coiflet, Symlets, Morlet 등 다양한 종류의 함수들이 있다. 각각의 함수들마다 특성이 있으나 분석에 있어서 큰 차이를 보이지 않기 때문에 본 분석에서는 보다 부드러운 곡선으로 나타나는 Coiflet 함수를 이용하였다.

웨이블릿 분해는 Nyquist 법칙에 따라 추출간격(sampling rate) 보다 짧은 주기를 가질 수는 없고, 그 보다 큰 주기부터 2'의 크기로 주기가 커진다. 단계가 세분화될수록 detail 성분의 주기는 2'의 크기로 커진다. 즉 Δt 간격으로 측정된 시계열 자료의 최소주기는 Δt 가 되며, 분석가능한 최대주기는 $N\Delta t$ 가 된다. 웨이블릿 분석을 하면 detail 성분의 주기는 분해수준에 따라 최소주기로부터 최대주기로 2배씩 증가한다. 각 detail 성분의 주기영역은 다음과 같으며, approximation 성분은 detail 성분의 가장 큰 주기성분에 해당한다. 따라서 detail 성분을 n-단계로 구분하는 경우, approximation 성분은 detail 성분의 (n+1) 단계에 해당하게 되고, 각 단계의 주기영역은 다음과 같다.

$$j\text{단계} : 2^j \Delta t \sim 2^{j+1} \Delta t \quad (j = 1, 2, \dots, n+1)$$

3.2 웨이블릿 적용

웨이블릿방법을 적용한 국내 해안공학 측면의 사례는 매우 희소하여 김·이(2008)가 동해 너울에 대한 분석을 시행한 것 정도이다. 본 연구에서는 2장에 제시된 12개 검조소의 1시간 간격 자료에 대하여 웨이블릿 분석을 시행하였다. 조 등(2011)의 조사결과를 참조하여 모든 검조소에서 결측치가 비교적 적은 2001년~2005년의 5개년 조위편차 자료를 사용하여 11단계로 분해를 시행하였고, 분해된 detail 성분의 스펙트럼 밴드 구간과 중간 주기는 Table 1과 같다.

Fig. 3에 제시된 목포검조소의 5년간(2001~2005) 조위편차 자료의 웨이블릿 분석결과 중 2002년 1년치를 예로 들면 Fig. 4에 제시된 바와 같이 원래의 조위편차 시계열이 11개의 detail 성분과 1개의 approximation 성분으로 분리된다. 각 detail 성분의 평균진폭을 정량화하기 위해 RMS(root mean square) 값을 지표로 도입하였는데 그림에서 보듯이 12시간 이내 단주기의 경우 연중변화가 크지 않은 반면 2일 주기를 중심으로 계절별 편차가 크게 나타나고 있다. 특히 목포해역은 천해조가 매우 발달되어 낙조우세가 심하게 나타나고 있는 해역(Kang and Jun, 2003)이며, 이에 따라 6시간 주기의 RMS가 크게 나타나고 있다.

Table 1. Details and corresponding periods

| Component | Period | Mean |
|---------------|------------------|-------------|
| detail 1 | 2~4 (hour) | 3 (hour) |
| detail 2 | 4~8 (hour) | 6 (hour) |
| detail 3 | 8~16 (hour) | 12 (hour) |
| detail 4 | 16~32 (hour) | 1 (day) |
| detail 5 | 32~64 (hour) | 2 (day) |
| detail 6 | 64~128 (hour) | 4 (day) |
| detail 7 | 128~256 (hour) | 8 (day) |
| detail 8 | 256~512 (hour) | 16 (day) |
| detail 9 | 512~1024 (hour) | 1 (month) |
| detail 10 | 1024~2028 (hour) | 2 (month) |
| detail 11 | 2028~4056 (hour) | 4 (month) |
| approximation | 4056~ (hour) | > 8 (month) |

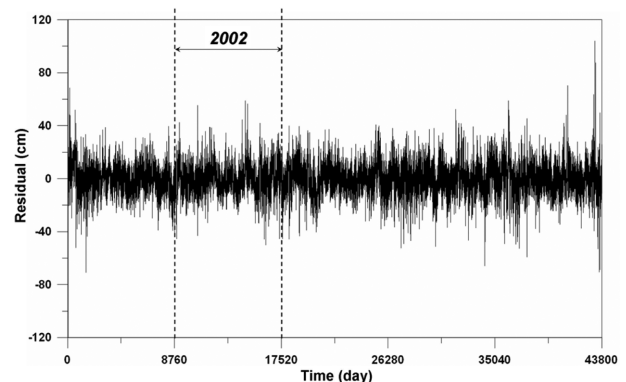


Fig. 3. Tidal residual at Mokpo during 2001~2005.

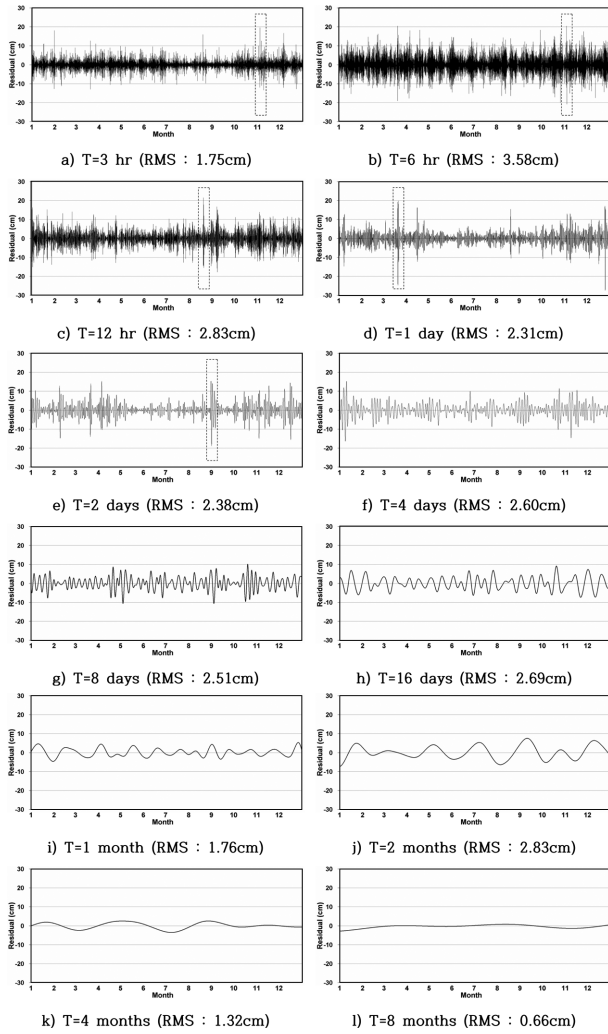


Fig. 4. Result of wavelet analysis at Mokpo in 2002.

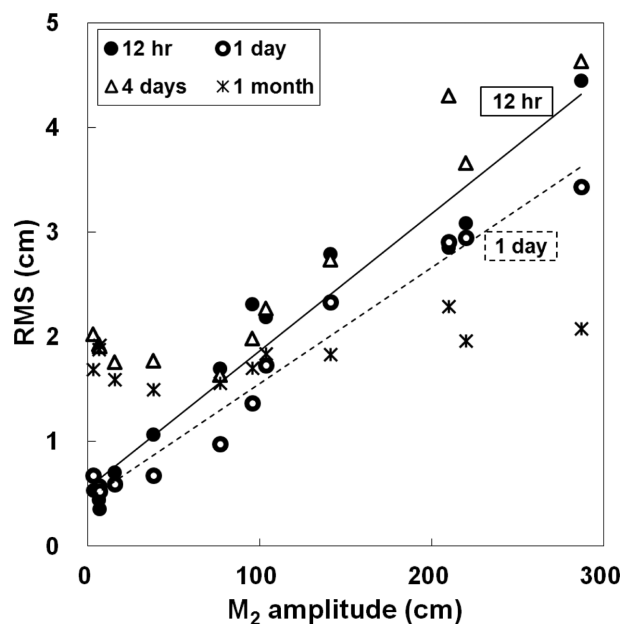


Fig. 5. Correlation between tidal residual and M2 amplitude.

웨이블릿 결과의 주기별 특성을 간략히 파악하기 위하여 Table 1의 detail 3(12시간), detail 4(1일), detail 6(4일), detail 9(1개월) 등 4개를 택하여 모든 지점에서의 RMS 값을 M2 분조의 진폭과 관련지어 Fig. 5에 도시하였다. 예상대로 추세선이 도시된 12시간 및 1일 주기의 조석주기성분의 RMS가 M2 분조의 진폭과 비례하는 경향을 보여주고 있어 1일 이내 단주기에서 조석 관련성을 강하게 시사하고 있다. 반면 1개월 주기성분의 경우 모든 지점에서 큰 차이가 없는 것으로 나타나고 있으며 4일 주기 역시 계절풍이 강한 서해안에서 다소 크게 나타나고 있을 뿐 여타 해역에서는 조석과의 관련성이 적은 것으로 나타나고 있다.

이와 같이 조위편차의 전체 시계열에서는 잘 드러나지 않는 사항이라도 웨이블릿 분해를 통하면 주기별 특성을 파악할 수 있게 된다. 따라서 본 연구에서는 분해된 조위편차 중 조석변조해일이 해당되는 단주기 성분에 대한 분석을 주로 시행하였으며, 계절풍과 평균해수면 등과 관련된 중장주기 성분에 대한 분석은 후속 연구에서 다루어진다.

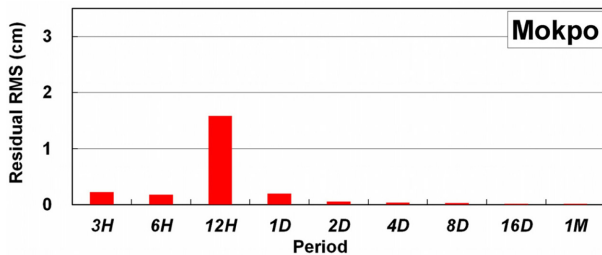
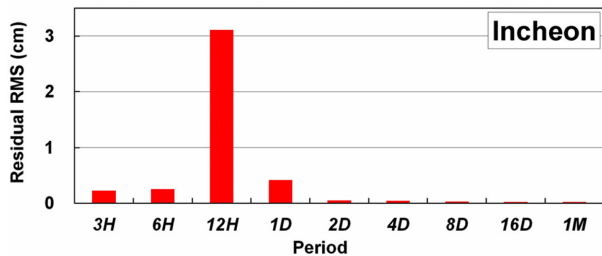
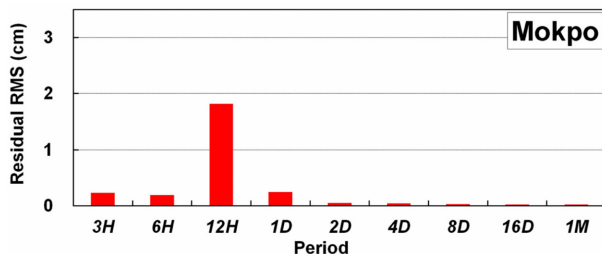
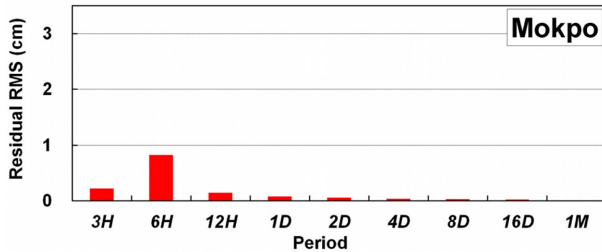
4. 단주기 특성 분석

4.1 조화상수 선정 영향성

단주기 성분에 있어 연증변화가 크지 않다는 점과 조차와의 상관성이 크다는 점 및 목표와 같이 천해조가 발달된 해

Table 2. Results of harmonic analysis at Mokpo

| | Amplitude (cm) | | Phase (°) | |
|----------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | M ₂ | M ₄ | M ₂ | M ₄ |
| 1994 | 140.8 | 20.8 | 39.5 | 199.3 |
| 1995 | 142.6 | 21.8 | 38.0 | 197.1 |
| 1996 | 142.9 | 21.7 | 37.6 | 196.4 |
| 1997 | 142.6 | 21.7 | 38.5 | 198.1 |
| 1998 | 140.2 | 21.2 | 38.2 | 196.4 |
| 1999 | 141.0 | 21.6 | 38.2 | 196.0 |
| 2000 | 140.6 | 21.2 | 37.4 | 195.4 |
| 2001 | 140.9 | 21.5 | 37.8 | 196.6 |
| 2002 | 141.7 | 21.2 | 37.9 | 196.1 |
| 2003 | 143.1 | 21.8 | 38.3 | 196.6 |
| 2004 | 143.8 | 22.2 | 35.9 | 190.9 |
| 2005 | 143.6 | 22.2 | 35.5 | 191.0 |
| 2006 | 143.1 | 22.7 | 36.7 | 191.2 |
| 2007 | 141.9 | 22.1 | 37.6 | 191.9 |
| 2008 | 138.1 | 20.0 | 37.7 | 192.3 |
| 2009 | 139.1 | 19.7 | 37.5 | 191.3 |
| 2010 | 138.9 | 19.9 | 37.9 | 192.9 |
| Mean | 141.5 | 21.4 | 37.6 | 194.7 |
| St. Dev. | 1.72 | 0.84 | 0.95 | 2.80 |

(a) RMS result for the change of M_2 phase(b) RMS result for the change of M_2 phase(c) RMS result for the change of M_2 amplitude and phase(d) RMS result for the change of M_4 amplitude and phase**Fig. 6.** Wavelet results according to phase change of M_2 and amplitude change of M_4 .

역에서 6시간 주기의 RMS가 크게 나타나고 있는 점 등으로 보아 단주기 성분은 조석성분과 밀접한 관계가 있음을 알 수 있다. 조위편차를 산정할 때 조화분석을 통해 산정된 각 분조에 의한 조석성분을 조위 관측치로부터 제거했음에도 불구하고 아직 조석성분이 남아 있는 양상의 원인을 고찰하기 위해 다음과 같은 수치실험을 실시하였다.

먼저 목포 검조소 조위자료로부터 간단한 조화상수 통계치를 분석하였다. 즉, 목포항에서 조석환경이 현상대로 유지(Kang, 1999)되고 있는 1994년부터 2010년까지 17년간의 목포검조소 조위자료에 대하여 매년 독립적인 조화분석을 통해 추출된 M_2 분조 및 M_4 분조의 진폭과 위상에 대한 통계치를 Table 2에 제시하였다. 매년 기준조석과 같은 특정 조화상수 세트로 조석예측을 할 경우 M_2 분조에서 평균적으로 1.72 cm의 진폭오차 및

0.95° 정도의 위상오차, 그리고 M_4 분조에서 평균적으로 0.84 cm의 진폭오차 및 2.80° 정도의 위상오차가 예상된다.

목포검조소의 2002년 조위 예측치가 완벽하게 관측치와 일치했다고 가정하면 조위편차 및 그에 따른 웨이블릿 RMS는 전혀 나타나지 않을 것이다. 이때 나머지 모든 분조는 동일한 상태에서 M_2 분조의 위상만 1° 변화시킨 예측치를 발생시킨 후 2002년 관측된 조위와의 조위편차를 구하면 12.42시간 주기의 편차가 주로 나타날 것이다. 이 경우에 대한 웨이블릿 분석결과를 Fig. 6(a)에 제시하였는데 예상대로 12시간 주기의 RMS가 1.6 cm에 달하는 결과가 얻어졌다. 동일한 방법으로 인천검조소 자료를 분석한 결과도 Fig. 6(b)에서와 같이 3.2 cm로 나타나고 있어 조차가 클수록 위상오차에 기인한 조석주기에서의 웨이블릿 RMS가 크게 나타나고 있음을 보이고 있다. M_2 분조 및 M_4 분조의 진폭과 위상이 Table 2의 표준편차만큼 오차가 발생한 상태에서 동일한 방식으로 웨이블릿 RMS를 구한 결과를 Fig. 6(c) 및 (d)에 제시하였다. 이 역시 12시간 및 6시간 주기에서 각각 약 1.8 cm와 0.8 cm의 RMS 오차가 발생하고 있어 목포검조소의 해당 주기 웨이블릿 RMS값의 상당부분이 조석예측을 위해 미리 선정된 조화상수의 부정확성에 기인하는 것으로 판단된다. 더욱이 이는 M_2 분조와 M_4 분조에만 국한되는 것이 아니기 때문에 이러한 오차에 의한 웨이블릿 결과치의 조석주기 RMS는 더더욱 크게 나타나게 될 것이다.

4.2 단주기 증폭 사례

Fig. 4에 제시된 목포검조소 자료에 대한 웨이블릿 분리결과 중 단주기 성분이 증폭되는 시기를 선정하여 주기별 성분에 대한 분석을 시행하였다. 선정된 시기는 Fig. 4에 표기되어 있고 Fig. 7에 제시한 바와 같이 (a) 3시간과 6시간 주기성분이 극대화되는 11월 4일 전후, (b) 12시간 주기성분이 극대화되는 8월 20일 전후, (c) 1일 주기성분이 극대화되는 3월 21일 전후, (d) 2일 주기성분이 극대화되면서 태풍 RUSA(0215) 영향기간인 8월 31일 전후 등에 대하여 3시간, 6시간, 12시간, 1일, 2일, 4일, 8일 주기성분 각각을 30 cm 이격시켜 도시하였다. 먼저 Fig. 7(a)를 보면 3시간, 6시간, 12시간 주기성분의 극대값이 주로 저조나 낙조시에 집중됨에 따라 조위편차의 극대값도 대부분 조석주기에 맞춰 낙조시에 발생하고 있으며, Fig. 7(b) 역시 12시간 성분의 극대값이 창조 및 저조시에 발생하고 있으며 6시간 성분의 극대값은 창조 및 낙조시에 발생하고 있어 조위편차의 극대값 역시 주로 창조 및 낙조시에 발생하는 주기적 거동을 보이고 있다. 또한 Fig. 7(c)에서는 12시간 이내 주기 뿐 아니라 진폭이 극대화된 1일 주기까지 창조나 저조시에 집중되어 고조시 조위편차에 비해 창조나 저조시 조위편차가 매우 크게 형성되고 있음을 보이고 있다. 이와 같이 12시간 이내 조위편차 성분은 조석성분과 관련성이 깊은 것으로 나타나고 있으며, 조석예측오차 또는 조석-해일 비선형효과 등이 발생한 경우 단주기 조위편차가 활성화되면서 조위편차가 조석주기로 진동하는 양상을 보이게 된다. 반면에 Fig. 7(d)에서와 같이 태풍 등 기상조의 영향이 주된 경우 12시간 이상의 주기가 활성화되면서

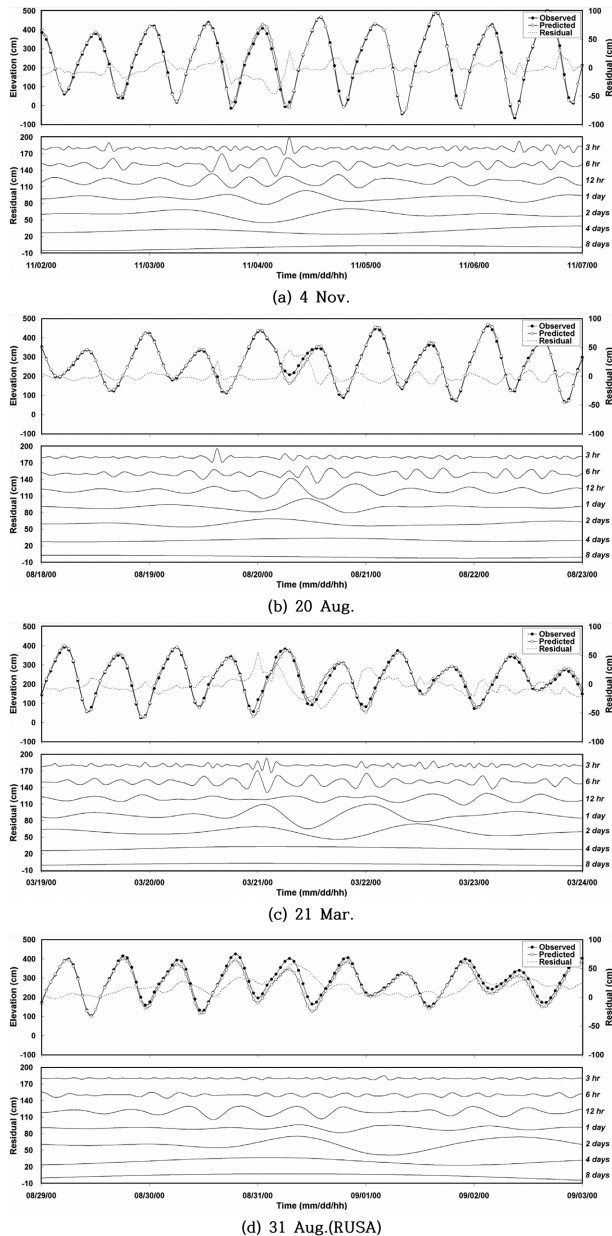


Fig. 7. Examples of decomposed surges at Mokpo Harbor.

서 태풍영향시점인 8월 31일 첫 고조 직후에 집중되어 최대조위 편차 역시 고조 직후에 발생하는 등 태풍발생시점에 따라 조위편차가 조석주기와 무관하게 나타나게 된다.

이와 같이 조위편차 중 단주기 성분을 주로 구성하는 조석관련 성분은 기상조 성분인 해일고와는 구분되어야 한다. 즉, 기상조인 해일고의 경우 천문조의 조시에 무관하므로 고조시에도 발생할 수 있어 높은 고극조위의 원인이 되는 반면 조석변조해일은 조석성분이나 조석-해일 비선형성에 기인하여 주로 창낙조나 저조시에 발생하게 되므로 고극조위에 직접적으로 기여하는 경우는 많지 않다. 따라서 조차가 큰 해역에서 극치해면고 산정의 목적으로 조위편차를 산정할 경우 단주기 성분에 대해서는 조석변조해일 여부에 대한 검증 등 주의가 필요하다.

5. 결 론

조차가 큰 서해안에서 조위편차가 크게 나타나는 원인을 규명하기 위하여 웨이블릿 분석을 통해 주기별로 조위편차를 분리하여 고찰하였다. 조위편차라 함은 천문조 성분을 제거하고 남은 성분임에도 상관관계함수 분석을 통해 조위편차에 천문조 성분이 어느 정도 남아 있음을 확인할 수 있었다. 천문조 성분이 포함된 조위편차인 조석잔차 성분은 계절별 변화가 심하지 않은 24시간 이내 단주기 성분의 주성분으로 파악된다. 해당 성분이 주로 조석예측오차에 기인하고 있음을 조화상수 변화에 따른 웨이블릿 결과치로부터 유추하여 확인하였고 조석-해일 비선형성에 의해서도 단주기 성분이 커질 수 있음을 보였다. 따라서 이러한 조석변조해일은 조석자체에 기인하므로 기상조 성분인 해일고와는 구분되어야 한다.

본 연구에서 시행한 웨이블릿 분석결과는 단주기 뿐 아니라 24시간 주기를 초과하여 8개월 주기까지 제시할 수 있는데 단주기 성분의 추가적인 특성을 포함하여 본 연구에서 다루지 못한 중·장주기 성분 특성분석은 후속연구에서 파악한다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 지식경제 기술혁신사업의 연구비 지원(20103020070080)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- 강주환, 김양선, 조홍연, 심재설 (2011). 국내 연안의 해일강도 특성. 한국해양해양공학회논문집, 23(6), 458-465.
- 김태림, 이동영 (2008). 동해 너울에 대한 웨이블릿 분석. 한국해양해양공학회논문집, 20(6), 583-588.
- 조홍연, 고동휘, 정신태 (2011). 한반도 연안 조위자료의 결측 양상. 한국해양해양공학회논문집, 23(6), 496-501.
- Box, G.E.P., Jenkins, G.M. and Reinsel, G.C. (2008). Time series analysis: Forecasting and control, Fourth edition, John Wiley & Sons.
- Goring, D.G., Stephens, S.A., Bell, R.G. and Pearson, C.P. (2011). Estimation of extreme sea levels in a tide-dominated environment using short data records, Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering, 137(3), 150-159.
- Haigh, I., Nicholls, R. and Wells, N. (2010). Assessing changes in extreme sea levels: Application to the English Channel, 1900-2006, Continental Shelf Research, 30, 1042-1055.
- Horsburgh, K.J. and Wilson, C. (2007). Tide-surge interaction and its role in the distribution of surge residuals in the North Sea, Journal of Geophysical Research, 112, 1-13.
- Kang, J.W. (1999). Changes in tidal characteristics as a result of the construction of sea-dike/sea-walls in the Mokpo coastal zone in Korea, Estuarine, Coastal and Shelf Science, 48, 429-438.
- Kang, J.W. and Jun, K.S. (2003). Flood and ebb dominance in estuaries in Korea, Estuarine, Coastal and Shelf Science, 56, 187-196.

- McInnes, K.L. and Hubbert, G.D. (2003). A numerical modelling study of storm surges in Bass Strait, Aust. Meteorol. Mag., 52, 143-156.
- Murguia, J.S. and Canton, E.C. (2006). Wavelet analysis of chaotic time series, Revista Mexicana de Fisica, 52(2), 155-162.
- Rossiter, J.R. (1961). Interaction between tide and surge in the Thames, Geophysical J. of Royal Astronomical Society, 6, 29-53.
- Pugh, D. (2004). Changing sea levels, Cambridge University Press, 129-156.
- Zhang, K., Douglas, B.C. and Leatherman, S. (2000). Twenties-century storm activity along the U.S. east coast, Journal of Climate, 13, 1748-1761.
-
- 원고접수일: 2013년 5월 22일
수정본채택: 2013년 6월 12일
게재확정일: 2013년 6월 26일