

## 분석기간의 길이에 따른 동해안 비조석성분의 통계적 특성변화 분석

### Analysis on Statistical Characteristic Changes due to the Analysis Periods of Non-Tidal Components Data in the East Coast of Korea

조홍연\* · 정신탉\*\* · 조범준\* · 윤종태\*\*\*

Hong Yeon Cho\*, Shin Taek Jeong\*\*, Beom Jun Cho\*, and Jong Tae Yun\*\*\*

**요 지** : 동해안 검조소 조위자료를 이용하여 비조석 성분을 추출하고, 추출된 비조석 성분을 이용하여 통계적인 특성 분석을 수행하였다. 분석대상 검조소는 속초, 묵호, 후포, 포항, 울산, 울릉도이며, 분석기간을 1년부터 가용한 자료기간까지 증가시켜 가며 비조석 성분의 분산 및 왜곡도 계수의 통계정보(최대값, 최소값, 평균, 표준편차) 변화를 분석하였다. 또한, 분석기간에 따른 통계정보의 변화범위를 분석한 결과,  $\pm 5\%$  범위의 분산 신뢰구간을 확보하기 위하여 필요한 분석기간은 전체적으로 12년 이상 정도로 파악되었으며,  $\pm 0.1$  범위의 왜곡도 계수 신뢰구간 확보에 필요한 분석기간은 울릉도의 6년 이상을 제외하고는 모두 12년 이상으로 파악되었다. 한편, 자기상관함수 및 스펙트럼 분석을 수행한 결과, 절대적인 변화량에 차이는 있으나 변화경향은 모든 지점이 매년 유사한 것으로 파악되었다.

**핵심용어** : 비조석 성분, 분산, 왜곡도 계수, 분석기간, 자기상관함수, 스펙트럼

**Abstract** : Statistical characteristic analysis was carried out using the non-tidal components computed by the harmonic analysis of the tidal elevation data in East coast. The tide gauging stations included in this study are the Sokcho, Mukho, Hupo, Pohang, Ulsan and Ulreungdo stations. In this study, the variance and skewness coefficient (SC) information changes, i.e., the max. value, min. value, mean and standard deviation of the variance and SC, are compared and analysed in detail by the various analysis periods increased from one year to the maximum available period. Based on the result of the statistical information (SI) range analysis, the minimum analysis period required in order to satisfy the confidence interval of the  $\pm 5\%$  range of the variance and the  $\pm 0.1$  range of the SC is suggested as the 12 years, except the Ulreungdo stations. The auto-correlation and spectral density change patterns show the very similar shapes in every stations even though the absolute values are a little bit different each other.

**Keywords** : non-tidal components, variance, skewness coefficient, analysis periods, auto-correlation function, spectrum

#### 1. 연구의 배경 및 목적

해안 및 항만구조물의 신뢰성 설계, 즉 설계인자에 대한 분포함수 추정에 관한 연구가 중요한 사안으로 부각

되고 있는 시점에서 조위자료의 빈도분포 함수에 대한 연구와 더불어 비조석 성분의 빈도분포 함수에 대한 연구도 설계조위 결정에 매우 중요한 요소로 작용하기 때문에 동등한 중요성을 가지고 있다(星谷 勝, 石井 清, 1986).

\*한국해양연구원 연안개발연구본부(Corresponding author : Coastal Development Research Department, KORDI, Ansan PO Box 29, Seoul, 425-600, Korea, hycho@kordi.re.kr)

\*\*원광대학교 토목환경도시공학부(Corresponding Author, School of Civil, Environmental & Urban Eng., Wonkwang Univ., Iksan 570-749, Korea, stjeong@wonkwang.ac.kr)

\*\*\*경성대학교 토목공학과(Department of Civil Engineering, Kyungshung University, Busan 608-736, Korea, gtyun@ks.ac.kr)

일반적으로, 관측된 조위자료의 빈도분포함수 형태는 조석의 우세한 분조(반일주조 또는 일주조)에 따라 뚜렷한 쌍봉(double peak; bi-modal)형 또는 단봉(single peak)형의 형태를 보이게 되며(Pugh, 1987), 조 등(2004, 2006)은 쌍봉형 정규분포에 의하여 조위자료의 빈도분포 함수가 적절하게 표현될 수 있음을 제시한 바 있으며, 비조석 성분의 분포도 쌍봉형 정규분포에 의하여 적절하게 표현될 수 있음을 제시하였다. 그러나, 비조석성분 자료의 분포형태는 비대칭-단봉형 형태로 보는 것이 적절하므로 쌍봉형 정규분포 함수에 의하여 비대칭성이 적절한 신뢰수준 범위에서 표현된다 할지라도 비정규분포함수(non-Normal/non-Gaussian pdf)로 취급하는 것이 적절한 것으로 판단되며, 적합한 비정규분포 함수 도출에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다. 비조석 성분의 분포는 분포형태도 중요하지만, 비조석 성분이 가지는 통계정보, 즉 분산 및 왜곡도 계수 등이 재현기간에 따른 비조석 성분의 크기를 결정하는 과정에서 가지는 의미가 매우 중요하다(Pugh, 1987). 그러나 비조석 성분의 통계정보는 비조석 성분을 분석하는 기간에 따라 변동성분이 존재하기 때문에 신뢰할 수 있는 통계정보를 생성하는 적절한 분석기간을 파악제시하는 연구가 필요하다. 조 등(2006)은 3년 정도의 조위자료에서 비조석 성분의 분포함수를 제시한 바 있으며, 분포함수의 형태를 표현하는 매개변수는 분석기간에 따라 다르게 나타날 수 있기 때문에 장기간의 조석자료를 이용한 분석이 필요하다고 제안하였으나, 구체적인 기간을 분석제시한 바는 없다.

따라서, 본 연구는 동해안 조위자료를 이용하여 비조석 성분을 추출하고, 비조석 성분의 통계정보를 분석기간에 따라 비교분석하여 신뢰할 수 있는 수준의 비조석 성분 통계정보 산정을 위한 적절한 분석기간을 제시하는 것을 목적으로 한다. 또한, 비조석 성분의 자기상관함수 및 스펙트럼 분석을 수행하여 통계적인 특성분석도 수행하였다.

## 2. 동해안 조위자료의 비조석 성분 추출 및 통계정보

비조석 성분자료의 통계적인 정보 분석은 우리나라 동해안에 설치된 검조소 자료를 대상으로 수행하였다. 대상 검조소는 속초, 묵호, 후포, 포항, 울산, 울릉도의 6개 지점을 대상으로 하였다. 자료 분석에 사용된 자료는 국립해양조사원에서 제공되는 1시간 조위자료를 이용하였으며, 자료 분석에 포함된 기간은 자료의 품질에 이상이 있고

**Table 1.** Data quality condition of the tidal gauging stations in east coast

Years	Stations					
	Sokcho	Mukho	Ulsan	Pohang	Hupo	Ulreungdo
1963			x			
1964			x			
1965			○			
1966		○	○			x
1967		○	○			●
1968		●	○			x
1969		○	x			x
1970		x	x			x
1971		○	○			x
1972		○	○	x		x
1973		○	○	○		x
1974	○	○	○	○		x
1975	○	○	○	○		x
1976	○	○	○	○		x
1977	○	○	○	○		x
1978	○	○	●	○		x
1979	○	○	○	●		○
1980	○	○	○	○		○
1981	○	○	○	○		○
1982	○	○	○	○		○
1983	○	○	○	○		○
1984	○	○	○	○		○
1985	○	○	○	○		○
1986	○	○	○	○		○
1987	○	○	○	○		○
1988	○	○	●	○		○
1989	○	○	○	○		○
1990	○	●	○	○		○
1991	○	○	○	○		○
1992	○	○	○	○		○
1993	○	○	○	○		○
1994	○	○	○	○		○
1995	○	○	○	○		○
1996	○	○	○	○		○
1997	○	○	○	○		○
1998	○	○	○	○		○
1999	○	○	○	○		○
2000	○	○	○	○		x
2001	○	○	○	○		●
2002	○	●	○	○		○
2003	○	○	x	○	○	○
2004	○	○	○	○	○	○
2005	○	○	○	○	○	x

(주) ○: 양호한 조위자료가 있는 기간, ●: 조위자료 상태가 의심되는 기간, x: 조위자료가 없는 기간, 공백: 조위관측 이전기간

장기간의 결측구간이 있는 자료를 제외하고, 가용한 모든 기간이다. 속초는 1974년부터 2005년까지의 자료를 이용하였으며, 묵호는 1966년부터 2005년까지에서 1968년, 1990년, 2002년 자료를 제외하고 이용하였다. 포항은 1979년 자료를 제외한 1973년부터 2005년까지의 자료를 이용하였다. 울산은 1965년부터 2005년까지에서 1969년, 1970년, 1978년(자기상관함수 분석에서 불량 자료로 판단) 자료를 제외하고 이용하였으며, 후포는 2003년부터 2005년까지의 자료를 이용하였으나, 분석기간에 따른 통계정보 변화분석에서는 제외하였다. 한편, 울릉도는 1966년부터 관측을 개시하였으나, 실질적으로 가용한 1979년부터

2004년까지의 자료를 이용하였으며, 2001년 자료는 제외하였다(Table 1참조).

본 연구에서 대상으로 하는 동해안 검조소 자료에서 비조석 성분을 추출 분석 과정은 아래에 제시한 5단계로 구성되며, 불량 자료는 자료도시에 의한 방법으로 판단하였으며, 분석대상에서 제외하였다. 한편, 비조석 성분의 통계정보(평균, 분산, 표준편차, 왜곡도 계수)는 연도별로 조위자료에서 추출된 비조석 성분(잔차성분) 자료를 이용하여 계산하였으며, 자료의 수는 평년에는 8,760개, 윤년에는 8,784개로 24개(2월 29일의 영향) 차이가 난다. 통계정보는 연간 자료를 이용하여 매년 추출하였으며, 비조석

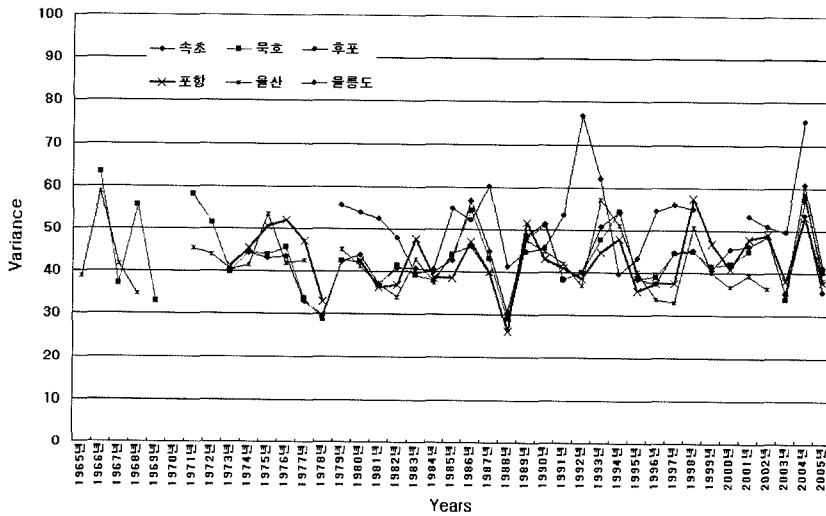


Fig. 1. Yearly variance change patterns of non-tidal components in the east coast.

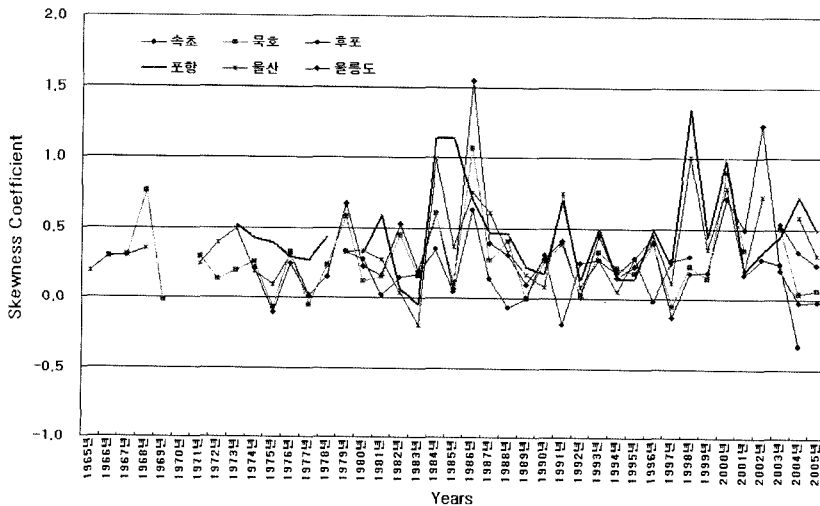


Fig. 2. Yearly skewness change patterns of non-tidal components in the east coast.

성분의 주요한 통계정보에 해당하는 분산 및 왜곡도 계수의 검조소별 통계정보 변화는 Fig. 1, Fig. 2에 도시하였다. 참고로, 본 연구에서 사용한 조위자료의 단위는 cm, 조위자료에서 추출한 비조석 성분자료도 cm이다. 따라서, 통계정보에 해당하는 평균 및 표준편차의 단위도 자료의 단위와 동일하기 때문에 cm이며, 분산은 cm<sup>2</sup>의 단위를 가지나, 무차원화된 수치에 해당하는 왜곡도 계수는 단위가 없다.

제1단계: 검조소 조위 관측자료 도시 : 결측자료 및 이상자료[outlier] 검토

제2단계: 64개 분조를 이용한 각 연도별 조화분석 시행(진폭 및 지각정보 도출)

제3단계: 조화분석 정보를 이용하여 천문조 성분 발생

제4단계: 검조소 조위관측자료에서 천문조 성분 제거하여 비조석 성분 생성

제5단계: 비조석 성분의 통계정보 분석(분산, 표준편차, 왜곡도 계수 및 자기상관함수, 스펙트럼 분석 등)

### 3. 분석기간에 따른 비조석 성분 통계정보의 변화

동해안 비조석 성분 자료의 분석기간에 따른 통계정보 분석은 분석의 효율을 위하여 부분자료(1년 기간의 분석 자료)의 통계정보를 분석기간(1년부터 자료 가용기간)에 해당하는 자료로 환산추정하는 식을 사용하였다. 비조석 성분의 평균은 영(zero)평균 자료(Zero-Mean Data)에 해당하므로, 다음과 같이 부분자료를 이용하여 부분자료를 모두 포함하는 통합 통계정보는 다음과 같은 식 (1)-(4)로 추정할 수 있다. 즉, 연 통계정보를 이용하여 2년, 3년 또는 5년 또는 필요로 하는 기간의 분석기간에 해당하는 통계정보를 분석기간에 포함된 각각의 연별 통계정보로 계산할 수 있다. 왜곡도 계수 계산은 불편추정(un-biased estimation) 왜곡도 계수를 사용하였다(Wanielist, 1990).

▣통계정보 (일반적인 정의)

$$\text{분산 } V(X) = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2$$

$$\text{표준편차 Standard Deviation } \sigma_X = \sqrt{V(X)}$$

$$\text{왜곡도 계수, } S(X) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left[ \frac{X_i - \bar{X}}{\sigma_X} \right]^3$$

불편(unbiased) 추정 왜곡도 계수,

$$S(X) = \frac{N}{(N-1)(N-2)} \sum_{i=1}^N \left[ \frac{X_i - \bar{X}}{\sigma_X} \right]^3$$

▣Zero-Mean 자료에 대한 통계정보

$$\text{분산 } V(X) = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N X_i^2$$

$$\text{표준편차 Standard Deviation } \sigma_X = \sqrt{V(X)}$$

$$\text{왜곡도 계수, } S(X) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left[ \frac{X_i - \bar{X}}{\sigma_X} \right]^3$$

불편(unbiased) 추정 왜곡도 계수,

$$S(X) = \frac{N}{(N-1)(N-2)} \sum_{i=1}^N \left[ \frac{X_i}{\sigma_X} \right]^3$$

▣부분자료(연별 통계정보 자료)와 통합자료의 통계정보 관계식

다음과 같은 통계정보(자료의 수  $N_i$ , 평균  $A_i$ , 분산  $V_i$ , 왜곡도 계수  $S_i$ ,  $i=1, 2, \dots, M$ )를 가진 부분자료( $i$ )가  $M$ 개 있는 경우, 이 부분자료를 모두 통합한 통합자료의 통계정보(자료의 수  $N$ , 평균  $A$ , 분산  $V$ , 왜곡도 계수  $S$ )는 다음과 같이 계산될 수 있다.

(1) 자료의 수

$$N = \sum_{i=1}^M N_i \tag{1}$$

(2) 자료의 평균(Zero-Mean 자료를 이용하는 경우, 모두 0.0)

$$A = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^M X_i = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^M (N_i A_i) \tag{2}$$

(3) 자료의 분산 및 표준편차  $\sigma = \sqrt{V} = V^{1/2}$ ,  
 $\sigma_i = \sqrt{V_i} = V_i^{1/2}$

$$V = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^M X_i^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^M [(N_i-1)V_i] \tag{3}$$

(4) 자료의 왜곡도 계수

$$S = \frac{N}{(N-1)(N-2)} \sum_{i=1}^M \left[ \frac{X_i}{\sigma} \right]^3$$

$$= \frac{N}{(N-1)(N-2)} \sum_{i=1}^M \left[ \frac{(N_i-1)(N_i-2)}{N_i} S_i \left( \frac{\sigma_i}{\sigma} \right)^3 \right] \tag{4}$$

**3.1 비조석 성분 분석기간에 따른 통계정보 분포**

분석기간에 따른 통계정보 변화 분석은 분석기간을 3년 간격으로 증가시키며, 분석기간에 해당하는 수의 가능한 모든 조합 중에서 임의로 1,000개를 선정하여 통합 통계정보를 계산하였다. 분석기간에 해당하는 가능한 모

든 조합은 가용한 분석자료의 기간을  $NT$ (년), 분석기간을  $NA$ (년)으로 하는 경우  ${}_{NT}C_{NA}$  조합함수로 계산되며, 가용한 분석자료가  $NT = 30$ 년이고, 분석기간이  $NA = 9$ 년인 경우에는  ${}_{30}C_9 = (30 \cdot 29 \cdot \dots \cdot 22) / (9 \cdot 8 \cdot \dots \cdot 1) = 14,307,150$ 개의 조합이 가능하다. 그러나, 너무 방대한 분량의 통계정보

**Table 2.** Statistical information changes due to the data analysis periods

(a) Sokcho

Items	Variance Information				Skewness Information			
	Periods	Max. Value	Min. Value	Mean	Deviation	Max. Value	Min. Value	Mean
1	60.78	29.66	43.21	6.862	1.536	-0.132	0.326	0.355
3	58.65	31.02	43.05	4.111	1.135	-0.088	0.327	0.227
6	53.19	35.68	43.16	2.800	0.974	-0.005	0.327	0.167
9	52.19	36.05	43.18	2.271	0.914	0.061	0.342	0.141
12	50.71	37.07	43.17	1.977	0.824	0.070	0.344	0.129
15	48.87	38.30	43.19	1.739	0.814	0.055	0.336	0.112
18	48.95	38.11	43.18	1.597	0.759	0.076	0.337	0.104
21	48.63	38.54	43.24	1.514	0.696	0.118	0.344	0.097
24	47.51	39.69	43.23	1.352	0.681	0.125	0.344	0.091
27	47.29	39.44	43.10	1.266	0.656	0.139	0.335	0.082
30	47.60	39.60	43.27	1.243	0.584	0.117	0.344	0.082
32(*)		43.18					0.337	

(b) Mukho

1	63.18	28.91	44.17	8.415	1.060	-0.069	0.276	0.252
3	59.21	28.97	43.84	4.796	0.966	-0.032	0.274	0.168
6	54.44	33.01	43.88	3.235	0.649	0.029	0.271	0.110
9	53.74	35.00	44.00	2.763	0.599	0.061	0.280	0.097
12	50.61	37.63	43.94	2.295	0.663	0.076	0.276	0.081
15	50.51	37.35	43.97	2.039	0.520	0.086	0.278	0.073
18	49.33	37.03	43.83	1.891	0.528	0.118	0.279	0.066
21	49.00	38.80	43.91	1.732	0.485	0.124	0.275	0.062
24	49.94	38.22	43.90	1.651	0.474	0.132	0.276	0.058
27	49.83	39.65	43.86	1.484	0.490	0.107	0.280	0.057
30	48.05	39.39	43.87	1.456	0.449	0.125	0.279	0.053
33	49.33	39.00	43.87	1.398	0.460	0.148	0.276	0.049
36	47.87	39.39	43.89	1.366	0.438	0.139	0.279	0.048
39(*)		43.94					0.275	

(c) Pohang

1	57.53	26.15	42.72	6.760	1.345	-0.050	0.454	0.315
3	54.25	28.41	42.53	3.615	1.206	-0.020	0.461	0.192
6	51.42	34.05	42.90	2.777	1.067	0.121	0.470	0.155
9	49.30	35.42	42.97	2.178	0.956	0.166	0.466	0.115
12	49.50	36.31	42.95	1.854	0.839	0.226	0.469	0.100
15	48.16	37.38	42.90	1.685	0.812	0.249	0.474	0.095
18	47.83	37.23	42.87	1.519	0.810	0.243	0.469	0.088
21	47.29	37.16	42.91	1.502	0.783	0.266	0.471	0.080
24	49.28	38.01	42.88	1.367	0.711	0.282	0.474	0.074
27	47.90	37.59	42.85	1.302	0.729	0.281	0.470	0.071
30	45.85	39.26	42.90	1.164	0.684	0.287	0.474	0.066
32(*)		42.86					0.475	

**Table 2.** (Continued) Statistical information changes due to the data analysis periods  
(d) Ulsan

Items	Variance Information				Skewness Information			
	Periods	Max. Value	Min. Value	Mean	Deviation	Max. Value	Min. Value	Mean
1	58.71	32.91	42.72	6.846	1.004	-0.191	0.360	0.274
3	56.48	33.86	42.72	3.879	0.896	-0.059	0.360	0.163
6	51.81	36.36	42.78	2.766	0.756	0.028	0.359	0.117
9	52.68	37.69	42.71	2.234	0.671	0.079	0.347	0.088
12	49.51	36.98	42.75	1.943	0.666	0.136	0.350	0.081
15	48.47	38.32	42.73	1.707	0.608	0.125	0.350	0.073
18	48.46	37.60	42.69	1.587	0.571	0.180	0.354	0.068
21	47.64	37.95	42.82	1.478	0.586	0.175	0.351	0.059
24	48.59	39.26	42.68	1.398	0.582	0.192	0.352	0.057
27	46.69	39.34	42.76	1.293	0.525	0.188	0.353	0.053
30	47.37	38.72	42.73	1.221	0.534	0.193	0.350	0.050
33	46.83	38.76	42.76	1.137	0.521	0.216	0.352	0.048
36(*)		42.79				0.351		
(e) Ulreungdo								
1	76.75	39.58	52.84	9.743	0.627	-0.336	0.169	0.197
3	76.32	39.93	52.59	5.632	0.536	-0.279	0.165	0.127
6	65.63	41.81	52.44	4.010	0.409	-0.140	0.157	0.093
9	61.60	44.73	52.56	2.902	0.350	-0.105	0.161	0.075
12	64.65	43.31	52.47	2.782	0.352	-0.057	0.157	0.067
15	62.19	45.79	52.53	2.454	0.333	-0.062	0.157	0.060
18	59.46	46.30	52.53	2.194	0.297	-0.046	0.160	0.055
21	59.74	46.72	52.46	2.103	0.324	0.003	0.158	0.052
24(*)		52.48				0.160		

Ref. (\*) = Total Data Analysis Periods (Years), Deviation = Standard Deviation

계산을 필요로 하기 때문에 통계정보가 수렴할 것으로 판단되는 1,000개 정도의 조합을 선정하는 것이 효율적인 방법으로 판단된다. 분석기간에 따른 통계정보는 분석기간에 해당하는 자료의 분산 및 왜곡도 계수에 대하여 각각 평균 및 표준편차를 구하여 그 변화양상을 분석하였다. 또한, 모든 가용한 기간자료를 이용하여 추정된 결과를 현재 가능한 가장 정확한 통계정보로 가정하고 분석기간에 따른 통계정보와 비교분석하였다. 동해안 검조소에서의 분석기간에 따른 통계정보의 평균 및 표준편차 정보는 Table 2에 정리하여 제시하였으며, 후포 지점은 가용자료가 3년에 불과하기 때문에 분석대상에서 제외하였다.

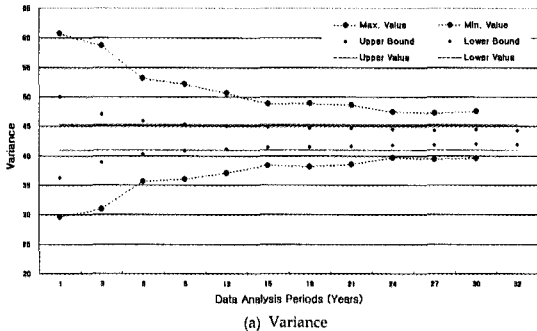
가용자료를 모두 사용한 경우, 속초, 묵호, 포항, 울산 비조석 성분의 분산은 각각 43.18, 43.94, 42.86, 42.79로 지점별로 차이가 미미하였으나, 울릉도 지점은 52.48로 동해안 타지점에 비하여 20% 정도 크게 나타났다. 반면, 왜곡도 계수는 속초, 묵호, 포항, 울산, 울릉도에서 각각 0.337, 0.275, 0.475, 0.351, 0.160으로 모든 지점에서 양의 왜곡도 계수를 가지는 것으로 파악되었으며, 포

항이 가장 크고, 울릉도가 가장 작은 것으로 산정되었다.

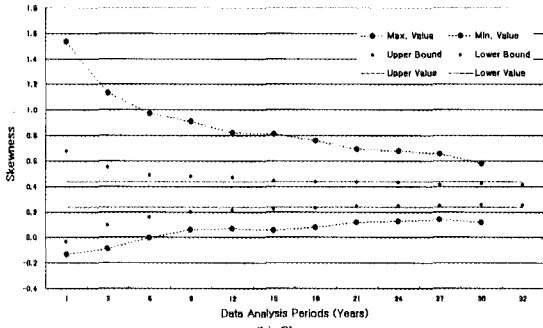
### 3.2 비조석 성분의 분석기간에 따른 통계정보 분석

비조석 성분의 분석기간에 따른 통계정보 변화 양상은 분석기간이 증가할 수록 분산 및 왜곡도 계수의 표준편차가 감소하는 일반적인 경향을 보이고 있는 것으로 파악되었다. 그러나 분석기간이 일정기간(12~15년 정도)을 넘어서는 경우에는 분산 및 왜곡도 계수의 표준편차 변화는 미미한 정도의 감소양상만을 보이고 있는 것으로 파악되었다.

본 연구에서 제시하고자 하는 적절한 분석기간은 통계정보 자료의 2/3 정도를 포함하는 범위(평균권 ± 범위)가 평균 통계정보(분산 및 왜곡도 계수)의 일정한 신뢰구간, 즉 분산의 경우에는 ±5.0% 범위가 포함되는 기간, 왜곡도 계수의 경우에는 절대범위 ±0.1 구간에 포함되는 시기로 정의하여 산정하였다. 신뢰구간은 원하는 정확도 수준에 따라 다르게 정의할 수 있으며, 다양한 신뢰구간에 대한 분석은 일반적인 규칙, 신뢰수준이 높을 수록 분석기간이 길

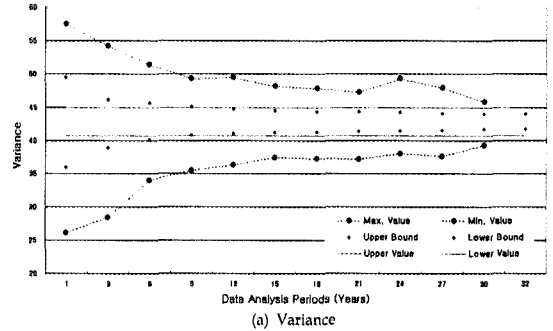


(a) Variance

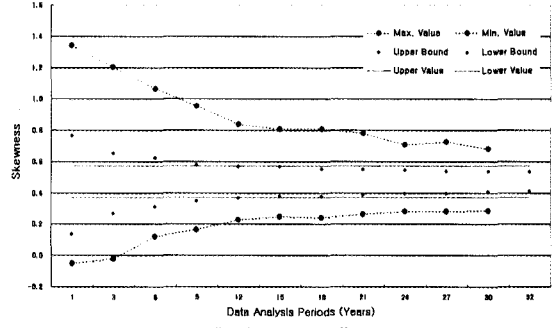


(b) Skewness

Fig. 3. Mean and confidence interval of the variance and skewness (Sokcho).

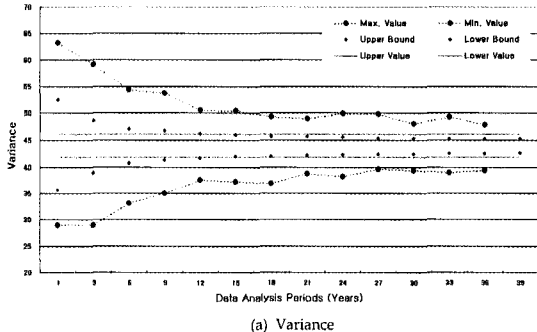


(a) Variance

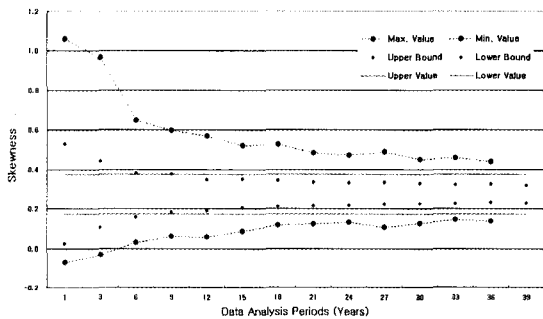


(b) Skewness Coefficient

Fig. 5. Mean and confidence interval of the variance and skewness (Pohang).

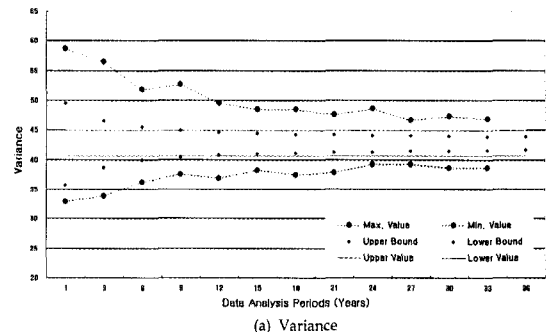


(a) Variance

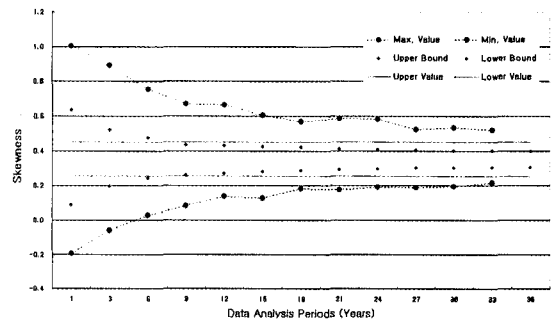


(b) Skewness

Fig. 4. Mean and confidence interval of the variance and skewness (Mukho).



(a) Variance



(b) Skewness Coefficient

Fig. 6. Mean and confidence interval of the variance and skewness (Ulsan).

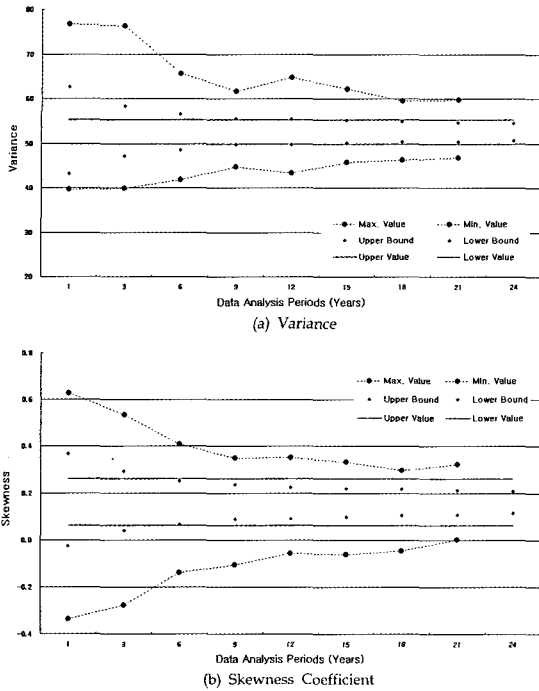


Fig. 7. Mean and confidence interval of the variance and skewness (Ulreungdo).

어지고, 신뢰수준이 낮을 수록 분석기간이 짧아지는 규칙을 따를 것으로 판단되어 본 연구에서는 생략하였다.

본 연구에서 제시하는 기준을 만족하는 최소한의 분석기간은 분산정보의 경우에는 전반적으로 9년~12년 정도로 파악되었으며, 왜곡도 계수의 경우에는 울릉도의 6년 이상을 제외하고는 전체적으로 12년 이상으로 파악되었다(Fig. 3~Fig. 7참조).

#### 4. 비조석 성분의 Auto-Correlation 함수

기본적인 통계정보의 변화와 더불어 자기상관함수도 연도별로 변화가 있을 것으로 판단되어, 지체시간(lag time) 200(시간) 범위까지 포함하여 연도별 자기상관함수 변화를 계산하여 중첩-제시하였다. 계산된 자기상관함수의 변화범위는 지체시간이 증가함에 따라 증가하는 양상을 보이고 있으나, 그 변화범위가 상관계수 0.4 이하의 낮은 범위에서 발생하고 있는 것으로 파악되었다. 또한, 동해안 자기상관함수는 서해안의 급격한 감소양상과는 다른 완만한 감소양상을 보이고 있는 것으로 파악되었다(조 등, 2006). 속초 지점에서는 지체시간이 60 이상인

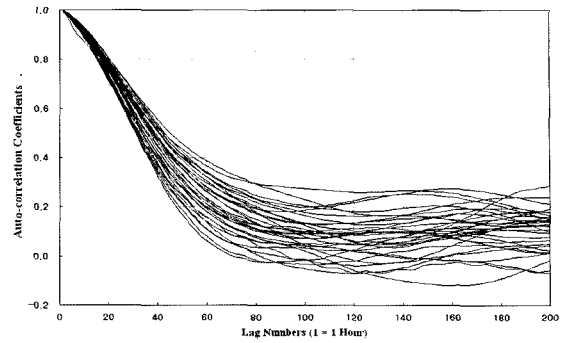


Fig. 8. Auto-correlation function of the Sokcho non-tidal components.

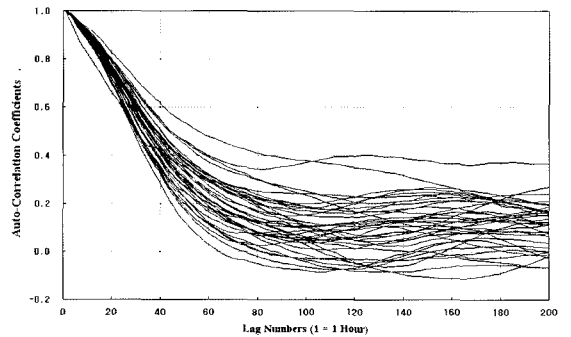


Fig. 9. Auto-correlation function of the Mukho non-tidal components.

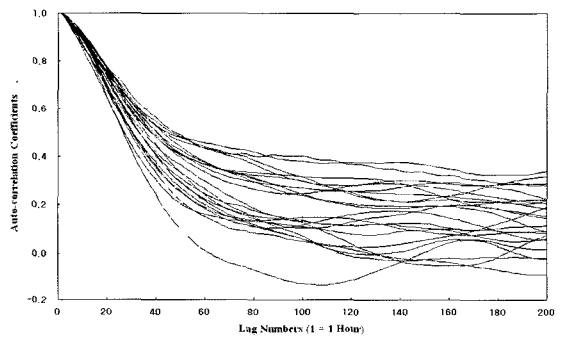


Fig. 10. Auto-correlation function of the Pohang non-tidal components.

경우, 모든 기간의 자료의 상관계수는 0.4이하로 감소하였으며, 묵호, 포항 지점도 유사한 경향을 보이고 있는 것으로 파악되었다(Fig. 8~Fig. 10참조). 반면, 울산, 울릉도 지점은 12~15시간 정도의 주기를 가지는 약한 변동 성분이 보이고 있으며, 조석이 아닌 기압변화 등의 장주기 성분변화에 의한 영향으로 판단된다(Fig. 11, Fig. 12 참조).



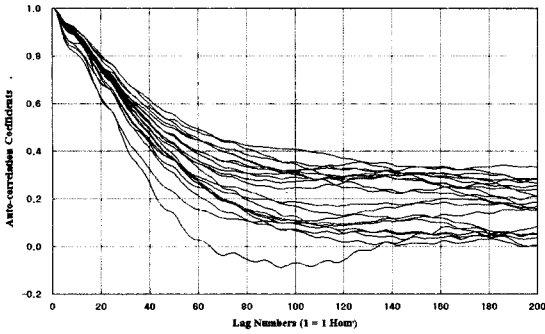


Fig. 11. Auto-correlation function of the Ulsan non-tidal components.

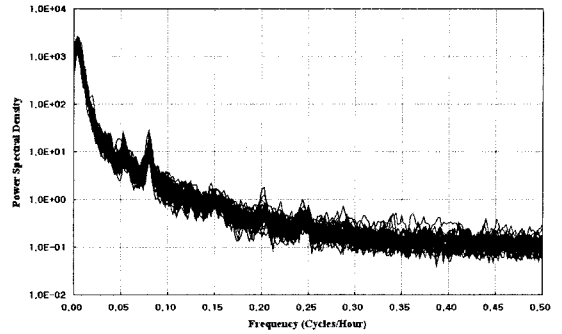


Fig. 14. Power spectrum of the Mukho non-tidal components.

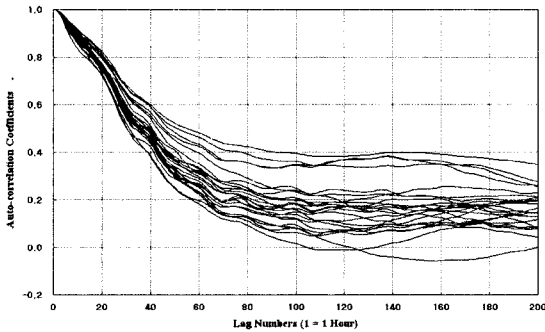


Fig. 12. Auto-correlation function of the Ulreungdo non-tidal components.

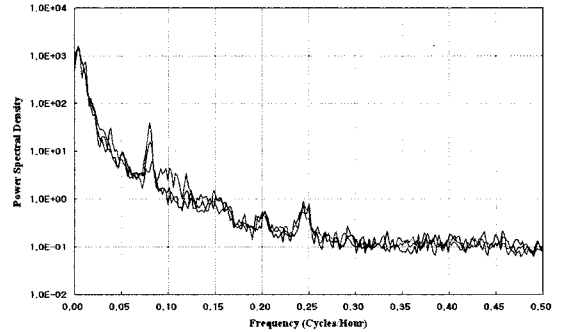


Fig. 15. Power spectrum of the Hupo non-tidal components.

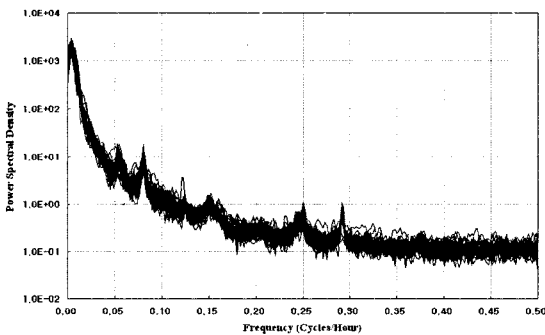


Fig. 13. Power spectrum of the Sokcho non-tidal components.

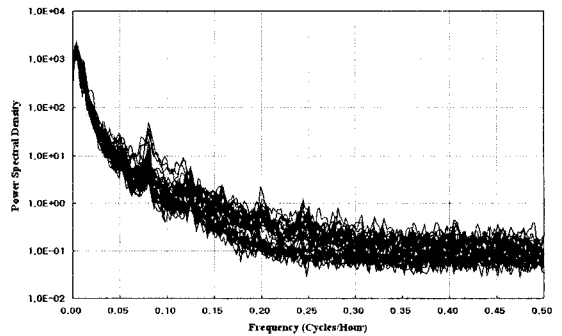


Fig. 16. Power spectrum of the Pohang non-tidal components.

### 5. 비조석 성분의 Spectrum 분석

비조석 성분의 Spectrum 변화 분석을 수행하였다. Spectrum 계산은 연도별 비조석성분 자료를 이용하여 수행하였으며, Spectrum 밀도변화를 모든 기간에 대하여 중첩하여 도시하였다(Fig. 13~Fig. 18참조). 비조석 성분의 스펙트럼 변화는 조석성분이 제거되었다 할지라도 지점별로 정도의 차

이는 있으나 조석주기에서의 침두가 발생하고 있음을 알 수 있다. 이는 검조소에서 작은 시간차이에 의한 오차 (timing errors), 조석과 해일 등에 의한 해수면 상승과의 약한 상호작용 효과에 의한 영향으로 분석되고 있다(Pugh, 1987). 울산에서는 그 침두가 타지점에 비하여 매우 크게 나타나고 있으며, 울릉도에서는 다른 지점에 비하여 침두가 많이 발생하고 있음을 알 수 있다.

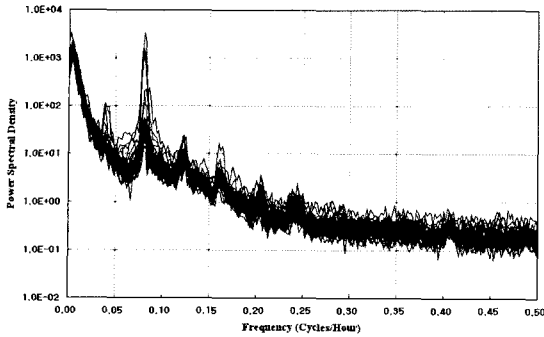


Fig. 17. Power spectrum of the Ulsan non-tidal components.

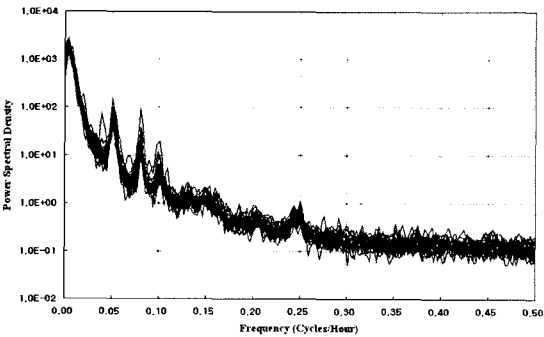


Fig. 18. Power spectrum of the Ulreungdo non-tidal components.

## 6. 결론 및 제언

동해안 검조소의 1시간 조위자료를 이용하여 비조석 성분을 추출하고, 추출된 비조석 성분자료를 이용하여 분석 기간에 따른 통계적 특성 변화를 분석하였다. 통계적 특성 분석 결과, 울릉도를 제외한 모든 지점에서 분산은 매우 유사한 범위의 값을 보이고 있는 것으로 파악되었으며, 왜곡도 계수는 양수로 추정되었으나 지점별 편차는 분산에 비하여 크게 나타났다.

한편, 신뢰할 만한 통계정보를 얻을 수 있는 최소한의 분석기간은 분산정보의 경우에는 전반적으로 9년~12년 이상으로 파악되었으며, 왜곡도 계수의 경우에는 울릉도의 6년 이상을 제외하고는 전체적으로 12년 이상으로 파악되었다. 자기상관함수 및 스펙트럼 변화 양상도 울릉도를 제외하고는 모든 지점이 유사한 양상을 보이고 있었으며, 울산지점이 연안 다른 검조소 지점에 비하여 다소 상이한 변화양상을 보여주는 것으로 파악되었다.

본 연구는 조석이 비교적 약한 동해안 연안 검조소 자

료를 이용하여 분석을 수행하였으므로, 조석이 강한 서해안 해역에서의 비조석 자료 통계 특성 분석 등을 수행하여 상호비교·분석하여 조석특성 및 조석강도(조차 등)가 비조석 성분에 미치는 영향 등에 대한 연구를 추진할 필요가 있을 것으로 사료된다. 한편, 본 연구는 해안구조물의 신뢰성 설계분야에서 중요한 설계변수에 해당하는 설계해면(조위+비조석성분)의 정확한 분포함수 추정을 위한 최소기준을 제시하고 있으며, 제시된 기준을 만족하는 경우 설계변수의 분포함수를 필요로 하는 Level III 수준의 확률론적인 설계가 가능할 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(R01-2005-000-11177-0)지원으로 수행되었으며, 자료정리에 도움을 준 한국해양연구원 이혜진님께 감사드립니다. 또한, 본 논문을 심사하여 논문 구성 및 내용을 보완·개선하여 주신 심사 위원에게도 감사드립니다.

## 참고문헌

- 국립해양조사원 Homepage <http://www.nori.go.kr/kr/> - 조석 자료제공시스템 <http://oceandata.nori.go.kr>, 1시간 자료 및 조석 조화상수 및 비조화상수.
- 박성현, 1986. 회귀분석, 대영사.
- 정신탥, 조홍연, 정원두, 양정석 (2005). 조화상수를 이용한 조위 발생확률분포 분석, 대한토목학회논문집, 25(1B), 51-57.
- 조홍연, 정신탥, 오영민 (2004). 조위자료의 확률밀도함수 추정, 한국해양해양공학회지, 16(3), 152-161.
- 조홍연, 정신탥, 윤종태, 김창일 (2006). 한반도 연안 비조석 성분자료의 통계적 특성, 한국해양해양공학회지, 18(2), 112-123.
- 星谷 勝, 石井 清 (1986). 構造物の信頼性設計法, 鹿島出版會.
- Bazaraa, M.S., Sheralil, H.D. and Shetty, C.M. (1993). *Nonlinear Programming : Theory and Algorithms*, Second Edition, John-Wiley & Sons.
- Boon, J.D. (2004). *Secrets of the Tide, Tide and Tidal Current Analysis and Applications, Storm Surges and Sea Level Trends*, Horwood Publishing, Goda, Y. and Takagi, H. (2000). A reliability design method of caisson breakwaters with optimal wave heights, *Coastal Engineering Journal*, Vol.42, No.4, pp.357-387.
- Goda, Y. (2000). *Random Seas and Design of Maritime Struc-*

- tures, Advanced Series on Ocean Engineering*, Vol. 15, World Scientific.
- Haldar, A. and Mahadevan, S. (2000). *Probability, Reliability and Statistical Methods in Engineering Design*, John-Wiley & Sons.
- Kawai, H., Fujisaku, H. and Suzuki, Y. (1996). Occurrence probability of tidal level and its effect on stability of breakwater, Proc. of Civil Engineering in the Ocean, JSCE, Vol.12, pp.261-266 (in Japanese).
- Kawai, H., Takayama, T., Suzuki, Y. and Hiraishi, T. (1997). Failure probability of breakwater caisson for tidal level variation, Report of the Port and Harbor Research Institute, Vol.36, No.4, pp.3-41 (in Japanese).
- Pugh, D.T. (1987). *Tides, Surges and Mean Sea-Level, A Handbook of Engineers and Scientists*, John-Wiley & Sons.
- Pugh, D.T. (2004). *Changing Sea Levels, Effects of Tides, Weather and Climate*, Cambridge University Press.
- Wanielista, M. (1990). *Hydrology and Water Quantity Control*, Chap. 9, John Wiley & Sons.
- 
- Received February 13, 2007  
Accepted April 13, 2007