

우리나라 연안의 평균해면 및 최극조위 자료의 추세 검정

Trend Test of the Mean and Extreme Sea Level Data in the Korean Coast

강주환*.조홍연**.박민원***.박선중****

Ju Whan Kang, Hong Yeon Cho, Min Won Park, Seon Jung Park

요 지

우리나라 연안의 평균해면이 증가하고 있다는 주장과 고극조위, 저극조위가 증가(또는 변동)하고 있다는 주장이 제기되고 있으나, 연구자가 사용한 자료의 기간 및 분석 방법 등에 차이가 있고, 결측자료(missing data) 및 이상자료(outlier) 등을 처리한 방법이 서로 차이가 있기 때문에 전체적으로 또는 부분적으로 분석결과가 차이를 보일 수 있다. 또한 추세분석에서는 통계적인 신뢰수준에 대한 검정과정 없이 단순히 선형회귀곡선식을 이용하여 기울기의 부호만으로 증가·감소를 판단하는 경우도 있다. 그러나 추세분석은 최적의 추세곡선을 찾아내는 것 이전에 추세의 유무를 통계적인 신뢰수준을 기준으로 검정하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 추세분석의 필수과정인 추세검정(추세가 있는가? 없는가?)을 Mann-Kendall 방법을 이용하여 우리나라 전 연안 조위관측소의 평균해수면 및 고극조위, 저극조위 자료에 대하여 수행하였다. 추세검정 결과를 다음과 같이 도출할 수 있었다. 평균해수면은 95% 유의수준으로 분석에 포함된 전체 30개 검조소 중 대산, 보령, 군산, 목포, 통영, 거문도, 부산, 가덕도, 제주, 서귀포, 속초, 포항, 울산, 울릉도 지점 등 19개 지점이 추세가 있는 것으로 파악되었으며, 고극조위, 저극조위는 각각 15개, 17개 지점이 추세가 있는 것으로 파악되었다.

핵심용어 : 평균해수면, 고극조위, 저극조위, 해수면 상승, MK 검정

1. 서 론

연안을 중심으로 각종 인공 해안구조물의 건설에 따른 국지적인 해수면의 변화와 지구온난화현상에 따른 전지구적인 해수면 상승은 평균해수면과 고극조위 등을 포함한 각종 해수면의 변화를 초래하였다. 해수면 변화와 관련된 국내 연구로 Oh et al.(1993)은 한국, 러시아, 일본을 모두 포함하는 동해 46개 관측점에서 계절별 해수면 변동을 분석한 바 있고, Pang and Oh(1994)은 이 자료를 대폭 보완하여 103개 지점에서 계절별 연교차 뿐 아니라 수개월 내지 24개월 주기의 특성을 분석한 바 있다. 또한 Choi et al.(1999)은 동해 자료에 중국 연안 자료를 추가하여 계절별 변화와 연별 변화를 세밀하게 고찰한 바 있으며 강주환 등(2005)은 서남해역에서 평균해수면 뿐 아니라 평균 고조위와 저조위에 대한 해수면 변화를 분석한 바 있다. 그러나 이들 연구에서는 계절별 변화가 일정하게 유지되고 있다는 전제하에 연구가 수행되었다(강주환 등, 2008). 또한 우리나라 연안의 평균해면과 고극조위 및 저극조위 변화 연구는 연구자가 사용한 자료의 기간 및 분석 방법 등에 차이가 있고, 결측자료(missing data) 및 이상자료(outlier) 등을 처리한 방법이 서로 차이가 있기 때문에 전체적으로 또는 부분적으로 분석결과가 차이를 보일 수 있으며, 추세분석에서는 통계적인 신뢰수준에 대

* 정회원·목포대학교 건설공학부 교수E-mail : jwkang@mokpo.ac.kr

** 정회원·한국해양연구원 연안개발연구본부 책임연구원E-mail : hycho@kordi.re.kr

*** 정회원·목포대학교 토목공학과 석사과정E-mail : mwpark@mokpo.ac.kr

**** 정회원·목포대학교 건설환경협동과정 박사과정E-mail : sjpark@mokpo.ac.kr

한 검정과정 없이 단순하게 선형회귀곡선식을 이용하여 기울기의 부호만으로 증가감소를 판단하는 경우도 있다. 그러나 추세분석은 최적의 추세곡선을 찾아내는 것 이전에 추세의 유무를 통계적인 신뢰수준을 기준으로 검정하는 것이 필요하다.

이에 본 연구에서는 우리나라 전 연안에 위치한 조위관측소를 대상으로 지구온난화 현상으로 인한 해수면 상승의 추세 경향이 나타나는지에 주안점을 두고 추세분석의 필수과정인 ‘추세가 있는가?’ 또는 ‘없는가?’에 대한 추세검정을 비모수적 방법인 Mann-Kendall 방법을 이용하여 수행하였다. 추세검정에 적용된 조위자료는 평균해수면 및 고극조위, 저극조위 자료를 이용하였다.

2. 자료분석

본 연구에서 사용된 자료는 우리나라 전 연안에 위치한 33곳의 조위관측소(그림 1) 중 관측기간이 짧은 진도, 고흥, 거제도 등 3곳을 제외한 30곳의 조위관측소를 분석대상으로 선정하고, 이들 조위관측소의 평균해수면과 고극조위, 저극조위 자료에 대한 추세검정을 실시하였다. 조위자료는 국립해양조사원에서 각 조위관측소별로 제공하고 있는 1시간 조위자료 및 평균해면성과표, 최극조위 자료를 활용하였다.

결측치 보완 방법은 평균해수면의 경우, 분석자료 중 결측 구간이 있을 경우 해당 월의 1시간 조위자료를 평균해서 보완하였으며, 만약 1시간 자료에서도 결측 자료가 포함되어 있을 경우는 결측된 월을 제외한 나머지 가용기간의 해당 월의 평균해면성과표의 자료를 평균해서 보완하였다. 고극조위와 저극조위의 결측치 보완은 결측된 월을 제외한 나머지 가용기간의 해당 월의 최극조위 자료를 평균해서 보완하였다.

분석대상 조위관측소 중 인천 조위관측소의 경우는 조위관측소 이설로 1999년 1월 1일 ~ 2006년 12월 31일까지, 울미도 조위관측소의 경우는 1960년 1월 1일 ~ 1999년 12월 31일까지의 과거 자료만 제공되고 있어 자료처리에 대한 일관성을 위해서 두 지역을 합산한 자료를 이용하였다.

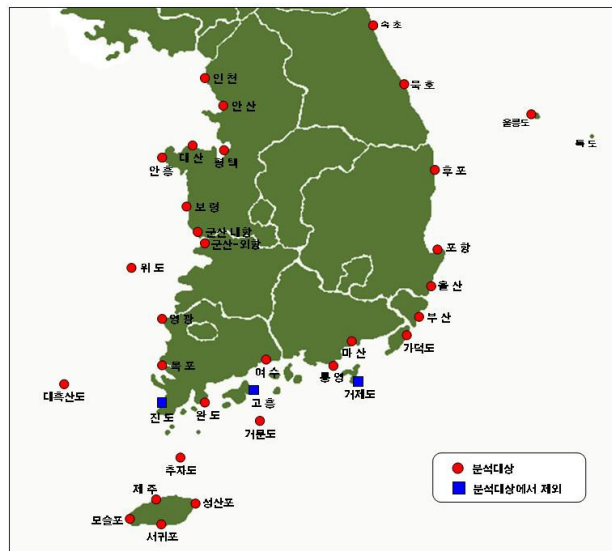


그림 1. 조위관측소의 위치도(국립해양조사원)

본 연구에서 사용된 비모수적 통계검정방법인 Mann-Kendall 방법은 추세검정을 위해 가장 많이 사용되고 있는 검정기법으로 강우, 하천 유량, 수질의 변화 추세를 판단하는데 널리 이용되는 방법이다. Mann-Kendall 검정방법은 변화 추세에 따라 단지 -1, 0, 1의 부호값으로만 평가하므로 이상값(outlier)이 존재한다 하더라도 정상적인 값과 같이 -1, 0, 1 만이 부여되므로 결과에 영향을 거의 미치지 않는다는 장점이 있다(이길하 등, 2007). Mann-Kendall 방법에 대한 이론적 배경은 다음과 같다.

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sign}(P_i - P_j) \quad (1)$$

여기서,

$$\text{sign}(P_i - P_j) = \begin{cases} 1, & \text{if } P_i > P_j \\ 0, & \text{if } P_i = P_j \\ -1, & \text{if } P_i < P_j \end{cases}$$

여기서, i 와 j 는 해당연도를 나타내는 인자이다. 만약 시계열 자료가 동일한 값이 존재하지 않고 추세가 없다면 검정 통계치는 점근적으로 정규화된 분포를 형성할 것이며 기본 통계치는 다음과 같다.

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad (2)$$

또, 변수 $\text{Var}(S)$ 를 계산한 후 통계값(Z)를 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{if } S > 0 \\ 0 & \text{if } S = 0 \\ \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{if } S < 0 \end{cases} \quad (3)$$

여기서, n 은 월별 관측 자료의 수이며, 본 논문에서는 각 해역의 조위관측소에서 제공하는 월별 관측 자료를 가용기간 모두 사용하였다.

2.2 추세검정 결과

표 1은 Mann-Kendell 방법에 대한 검정결과를 나타낸 것이다.

표 1. 우리나라 전 연안의 조위관측소에 대한 MK검정결과

		자료의 수	평균해수면	고극조위	저극조위	
서 해 안 (12 지점)	1	인 천-월미도	564	-1.029	-2.134	-3.853
	2	안 산	60	-0.383	-1.269	1.378
	3	평 택	180	-2.067	-1.334	-1.664
	4	대 산	48	-2.826	-2.073	-0.773
	5	안 흥	252	-1.344	2.114	-1.029
	6	보 령	252	-5.028	-1.943	-2.205
	7	군산-외항	312	-1.913	-3.624	0.701
	8	군산-내항	516	-14.951	-12.973	-4.517
	9	위 도	264	-0.001	-0.130	-0.305
	10	영 광	60	-0.188	-0.446	-1.014
	11	목 포	612	-10.406	-20.083	9.357
	12	대흑산도	504	0.053	-0.856	1.238

* 표 안에 진하게 표시된 값은 추세경향이 있는 지역

표 1. 우리나라 전 연안의 조위관측소에 대한 MK검정결과(계속)

			자료의 수	평균해수면	고극조위	저극조위
남 해 안 (12지점)	1	완 도	288	-2.008	2.224	-2.222
	2	여 수	504	-2.445	4.411	-3.469
	3	통 영	372	-3.825	0.552	-1.857
	4	마 산	48	-0.978	-0.231	-1.093
	5	거 문 도	300	-6.262	-3.124	-4.676
	6	부 산	564	-5.812	-1.215	-6.163
	7	추 자 도	276	-2.238	0.304	-1.211
	8	가 덕 도	360	-3.932	0.544	-2.866
	9	모 슬 포	36	-1.417	-0.667	-2.043
	10	성 산 포	36	-1.403	-0.327	-1.961
	11	서 귀 포	264	-5.250	-4.916	-4.349
	12	제 주	516	-9.976	-9.015	-6.454
동 해 안 (6지점)	1	목 호	492	-2.556	-2.003	-1.955
	2	속 초	396	-4.545	-4.492	-3.367
	3	후 포	48	-0.311	-0.151	0.720
	4	포 향	420	-6.903	-4.965	-4.349
	5	울 산	528	-2.457	-1.706	-1.396
	6	울 룡 도	492	4.284	3.520	4.905

* 표 안에 진하게 표시된 값은 추세경향이 있는 지역

표 1에 제시된 자료의 수는 국립해양조사원에서 제공하는 평균해수면, 고극조위 및 저극조위에 대한 월별 관측 자료의 개수이며, 제시된 수치는 Mann-Kendall 검정방법에 의해 계산된 통계량을 나타낸다. 이때 계산된 통계량 수치가 유의수준 95%일 때의 0을 기준으로 절대값이 ± 1.96 보다 크거나 작아야 추세검정을 통과하는 것이다. 즉, 추세가 있다고 판단할 수 있다. 표 1에서 진하게 표시된 값은 추세검정을 통과한 지역을 나타내고 있다.

추세검정 결과를 다음과 같이 도출하였다. 평균해수면에서는 총 19지점(평택, 대산, 보령, 군산-내항, 목포, 완도, 여수, 통영, 거문도, 부산, 가덕도, 추자도, 제주, 서귀포, 속초, 목호, 포항, 울산, 울릉도), 고극조위는 총 15지점(인천, 대산, 안흥, 군산-외항, 군산-내항, 목포, 완도, 여수, 거문도, 서귀포, 제주, 속초, 목호, 포항, 울릉도), 저극조위는 총 17지점(인천, 보령, 군산-내항, 목포, 완도, 여수, 거문도, 부산, 가덕도, 모슬포, 성산포, 제주, 서귀포, 속초, 목호, 포항, 울릉도)에서 각각 해역에서 추세경향을 나타내고 있다. 그러나 추세검정을 통해 추출된 결과값으로 우리나라 전 해역에서 지구온난화로 인해 해수면 상승이 일어난다고 일반화시키기에는 다소 무리가 있는 것으로 판단된다.

3. 결 론

본 연구에서는 우리나라 전 연안의 조위관측소를 대상으로 Mann-Kendall 검정방법을 적용하여 추세검정을 실시하였다. 추세검정 결과, 평균해수면은 95% 유의수준으로 검정에 포함된 전체 30곳의 조위관측소에서 19개 지점이 추세가 있는 것으로 파악되었으며, 고극조위 및 저극조위는 각각 15개, 17개 지점이 추세가 있는 것으로 확인되었다. 그러나 추세검정을 통해 추출된 결과값으로 우리나라 전 해역에서 지구온난화로 인해 해수면 상승이 일어난다고 일반화시키기에는 다소 무리가 있는 것으로 판단된다.

감 사 의 글

본 연구는 건설교통부 지역기술혁신사업의 연구비지원(05지역특성B05-01)에 의해 수행되었습니다. 또한 이 논문의 일부는 2007년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. R01-2007-000-200090-0).

참 고 문 헌

1. 강주환, 박선중, 박민원(2008). 서남해안의 해수면 상승과 해일고 증가 경향, 한국해양·해양공학회 논문집 제20권 제1호, pp. 14-24.
2. 강주환, 문승록, 오남선(2005). 서남해안의 해수면 상승, 대한토목학회논문집 제25권 제2B호, pp. 151-157.
3. 이길하, 오남선, 정선택(2007). 우리나라 연안의 팬증발량 변화 양상 분석, 한국해양·해양공학회지 논문집 제19권 제3호, pp. 244-525.