

西海 基準 潮位 年時系列의 解析

이재형*, 박종찬**, 심현섭***, 조기태****

1. 서언

근래 간척을 비롯한 해안역에서의 건설활동이 활발하다. 해안역에 설치하는 시설은 해면 변동을 필수적으로 고려하여야 한다. 해면 변동의 수직기준으로는 기본수준면(D.L.), 평균해면(M.S.L.), 대조평균만조위(H.W.O.S.T.) 그리고 해면변동 폭의 척도로는 이상고조위, 저조위 높이 그리고 설계파고 등이 사용된다. 여기서, 대조평균만조위는 천문조석에 대한, 이상고조위는 기상조석에 대한, 그리고 저조위 높이나 파고 등은 파도에 대한 설계 기준고라고 할 수 있다. 통상 방조제와 같은 해안 시설물의 설계고는 천문조석의 상단 기준고인 대조평균만조위에 설계빈도의 이상고조 높이와 설계 저조위 높이나 파고 그리고 여유고를 더한 값이다. 이중에서 해안 구조물 설계의 초석이 되는 설계조위는 기준 검조소의 장기 조석관측치와 임시검조소의 단기 조석 관측자료를 토대로 결정된다. 설계조위의 기초자료가 되고 있는 이들 관측치가 지구환경과 검조소 주변 환경변화 등에 의하여 동질성이 상실되고 있으며 초기에 설정해 놓은 평균 해면이나 조화상수들이 현실성이 없다는 문제가 제기되고 있다. 뿐만 아니라 연안에서의 건설활동이 육상 건설활동의 연장선상에 있음에도 불구하고 표고기준과 조위기준이 연계되어 있지 않다. 이로 인하여 연안개발 업무를 수행함에 있어 혼선이 빚어지고 있다. 본 연구 목적은 현업에서 사용하고 있는 평균해수위와 대조평균만조위가 동질성이 보장된 장기 관측자료의 분석결과와 부합하는지의 여부를 평가하는 데 있다.

2. 년시계열 분석

년 시계열 분석대상은 서해안의 4개 기준검조소에서 관측하여 분석된 년평균해면 자료와 대조평균만조위 자료이다. 년평균 해수면과 대조평균만조위 시계열에서 경향성분, 점프성분 그리고 단기 변동성분을 분리한다.

2.1 자료검토

본 연구에서 이용할 자료는 조화분석 결과자료이다. 조화분석은 기본적으로 수로국에서 검조기간동안에 실시하거나 조석 연구자에 의해서 특별한 목적으로 수행된다. 이들의 기본자료는 서해안의 4개 주요 검조소에서 관측하여 공표하고 있는 조석자료이다.

* 전북대학교 공과대학 토목공학과 교수
** 농어촌진흥공사 조사설계처 과장
*** 농어촌진흥공사 새만금 사업단 과장
**** 전북대학교 대학원 박사과정

본 연구에서는 수로국 자료와 최근 목포 기준검조소 주변의 조석변화 체계 연구⁽³⁾에서 검토된 자료이다. 이들 자료는 결측기간이 포함되어 있다. 박⁽³⁾은 조화분석과정에서, 농진공⁽⁵⁾은 기술적인 판단에 의하여 결측치를 보완하였다. 본 연구에서는 결측치에 대한 보완방법을 모색하지 않았으며 이들이 제시한 값을 그대로 수용하였다. 기준 검조소별 자료출처, 자료기간, 결측기간, 결측치 보완자료의 출처 등을 표2.1에 게재하였다.

표2.1 사용자료 현황

구 분	기준검조소	인 천 항	군 산 항		목 포 항	대흑산도	비고
			내 항	외 항			
자료 출처	M.S.L.	수로국	수로국	수로국	수로국	수로국	
	H.W.O.S.T	박기진	박기진	박기진	박기진	박기진	
자료 기간	M.S.L.	'62-'94	'60-'94	'80-'94	'60-'94	'67-'94	
	H.W.O.S.T	'62-'77	'66-'93	-	'62-'93	'66-'79	
결 측 기 간	M.S.L.	'73,'74	'70,'88,'91,'92	'88	'86	-	
	H.W.O.S.T	-	-	-	-	-	
결측치보완	M.S.L.	농진공	농진공	농진공	농진공	-	
	H.W.O.S.T	-	-	-	-	-	

2.2 경향과 점프분석

시계열의 정상적이고 규칙적인 상승 또는 하강을 경향이라고 한다. 경향의 표현 방법은 다항식 법 또는 이동 평균법이 있다. 경향 검증방법으로는 전환점 시험, Kendal의 Rank 상관시험 그리고 선형 경향에 대한 회귀시험 등이 있다. 본 연구에서는 조위기준면의 경향이 선형(식2.1)이라고 가정하였으며 경향유무를 시험하기 위해서 회귀시험을 채택하였다.

점프는 특정시기의 급격한 변동을 말하며 점프시점 전의 시계열 평균과 후의 시계열 평균의 차를 점프값으로 정의한다. 점프전후의 시계열 값의 차를 절대점프량이라 한다. 시계열의 무작위 성분의 분산의 역수를 점프 계수라고 하며 점프량은 절대점프량 x 점프계수(식2.2)로 평가된다⁽²⁷⁾. 본 연구 대상인 조위 기준면은 무작위 성분의 분산이 평가 대상이므로 점프 계수를 직접 구할 수는 없다. 따라서 선형 회귀식이 조위기준면 값을 가장 잘 대표한다고 할 수 있는 최적의 결정계수를 평가기준으로하여 점프계수를 구하는 방법을 택하였다.

$$\theta.(x, \phi, n) = \alpha. + \beta. n \quad \dots (2.1)$$

$$\delta.(x, \phi, n) = \gamma. \Delta; \quad \dots (2.2)$$

조위기준면 시계열에서 점프성분은 검조의 팬조정과 하구언 축조로 인한 조위상승이다. 이들을 표 2.2에 게재하였으며 육상의 댐축조시기의 조위기준면 변동 또한 함께 게재하였다. 표 2.3은 식 2.1과 2.2의 계수 평가치이다.

표2.2 절대점프량 Δ

기간	'65	'67	'73	'76	'77	'80	'81	'83	'88	'90	'92	'93	'94	비 고
기준검조소	3.97	3.01	0.1											
인천항						24.8			1.50					지형변화 검조소이설
군산항						-12.87			(-15.41)	1.50	-1.08	-7.34		지형변화
목포항				-2.87	-0.9		2.35	20.0		0.01		-6.15	2.54	지형변화
대흑산도						-28.1	(22.53)							펜 조정 펜 조정

* ()안의 수는 대조평균만조위 절대점프량

표 2.3 년시계열의 회귀분석결과

구분	기준검조소	인 천	군 산	목 포	대 흑 산 도
평균해면	$\hat{\beta}$	-0.121	0.173	0.053	0.057
	\hat{a}	465.172	349.078	231.174	184.415
	평균	455.697	361.375	235.244	189.031
	$\hat{\gamma}$	-	0.934	0.983	0.740
대조평균 만 조 위	$\hat{\beta}$	-1.292	-0.009	-0.006	0.248
	\hat{a}	960.786	612.233	421.703	303.429
	평균	871.019	612.969	421.260	301.087
	$\hat{\gamma}$	-	0.92	1.96	-

2.3 잔차 시계열분석

원시계열에서 식2.1과 2.2로 평가된 시계열 성분을 소거하면 조위 기준 시계열은 정상상태의 성분과 자기 상관 시계열 성분만 남는다. 조위 기준 시계열에서 정상상태의 성분(표2.3의 평균값)을 뺀 값이 잔차 시계열이다. 잔차 시계열에는 장기 분조 성분이 잔존하므로 단주기 변동 성분을 소거할 필요가 있다. 이산형 필터링 방법에는 평활화, 시계열의 이동 합 또는 차(이동 합 그리고 차), 파일럿 분석필터, ARMA(Auto Regressive - Moving Average) 필터 방법 등이 있다. 본 연구에서는 AR모형을 택하였다. 표 2.4는 AIC(Akaikes Information Criterion)을 판정기준으로 한 AR계수의 추정치이다⁽²⁵⁾. 표2.4의 평균값은 표 2.3의 평균값을 전제한 것이다.

표2.4 모형상수 추정치

구분		기준검조소		인천항	군산항	목포항	대흑산도	비고
평 해 면	A I C			87.0037	73.3653	53.4731	54.2360	
	AR계수			0.3699				
				-0.0114	0.9478	0.2235	-0.0856	
				-0.2091	-0.1455	0.3952	0.3906	
	평 균			0.4378				
대조평균 만 조 위	A I C			455.697	364.845	235.244	189.031	
	AR 계수			53.1297	93.9541	101.2024	132.2683	
				0.8561	0.4418			
				0.1585	-0.3547	0.3179	-0.0283	
	평 균			-0.4195	-0.2864			
				871.019	612.969	421.260	301.087	

3. 기준조위 평가

현업에서 사용하고 있는 현행 기준조위, 누년평균 기준 조위, 그리고 본 연구에서 도출된 기준조위 등을 비교 검토함으로써 현행 기준조위의 위상을 평가할 수 있다.

3.1 모의발생

단주기 변동성분이 소거된 AR모형의 모의발생은 두가지면에서 의의가 있다. 초기 가정치의 영향을 없앨 수 있고 짧은 기록기간을 연장할 수 있다. 기준 검조소당 500개의 자료를 모의 발생하여 장주기 분조의 연평균 값을 추산한 결과는 표3.1에 게재하였다.

표3.1 발생시계열의 통계치 비교

구분		기준검조소		인천항	군산항	목포항	대흑산도	비고
평 해 면	평균			-0.28	-0.67	-0.31	-0.17	
	분산			1.18	2.41	1.11	1.01	
대조평균 만 조 위	평균			-0.29	-0.17	-0.18	-0.12	
	분산			2.89	1.18	0.98	0.87	

3.2 분석결과 고찰

기준조위 시계열에서 경향과 점프평가 치를 소거한 시계열의 평균값과 잔차 시계열의 모의발생 평균치를 합산한 것이 본 연구를 통하여 분석한 추정치이다. 현행 기준조위, 누년평균 기준조위, 추정 기준조위를 표 3.2에 게재하였다. 표 3.2에서 4개검조소의 평균해면값과 대조평균만조위 값은 MOC 표고로 동일하였다.

표3.2 서해 기준점조소의 기준조위 비교

(단위: cm)

구분	기준점조소	인 천	군 산		목 포	대흑산도	비고
			내 향	외 향			
평균해면	현 행 값	0.0	-4.3	-1.2	-2.6	-	
	누년평균	-7.8	-	0.37	-5.3	-	
	추 정 치	-8.1	-	-8.3	-1.6	-	
대조평균 만조 위	현 행 값	398.9	270.0	293.7	176.2	-	
	누년평균	407.5	267.6	-	184.8	-	
	추 정 치	407.2	267.4	-	184.6	-	
D.L.		-463.5	-354.4	-370.2	-235.6	-	

인천항 기준 점조소의 평균해면의 현행값은 7.8cm에서 8.1cm 높다. 반면에 대조평균만조위 현행값은 8.3~8.6cm 낮다. 군간 외향 기준점조소의 평균해면 현행값은 누년평균보다 8cm 낮고 4cm 높다. 군산내향의 대조평균 만조위 현행값은 누년평균치보다 2.4cm, 추정치보다 2.6cm 높다. 목포항의 평균해면 현행값은 누년평균치보다 2.7cm 높고 추정치 보다 1cm 낮다. 대조평균 만조위 현행값은 누년평균보다 8.6cm, 추정치 보다 8.4cm 낮다.

4. 결론

인천, 군산, 목포 등의 서해 주요 점조소에서 관측한 장기 조위관측 자료의 조화분해로 얻어진 년평균 해면과 대조평균만조위 시계열을 분석한 결과를 다음과 같이 요약할 수 있다.

1. 인천항 평균해면을 기준으로 군산외향의 현행 평균해면은 11.4cm 낮고, 목포항의 현행 MSL은 21.7cm 낮다.
2. 4개 주요점조소의 평균해면과 대조평균만조위의 상승 또는 하강했다는 귀무가설을 기각되었다.
3. 4개 주요점조소의 평균해면과 대조평균만조위 무작위 성분의 분산은 약 1.00정도였다.
4. 1년단위의 조화분석에 포함되지 못한 장주기 분조 진폭의 기여분은 평균해면의 경우 -0.17cm ~ -0.67cm 정도이고 대조평균만조위의 경우 -0.12 ~ -0.29cm 정도이다.
5. 평균해면의 추정치로 보면 목포항은 두차례의 점조의 펜의 조정결과로 기준값을 견지하고 있으나 인천항과 군산항은 높은 값을 사용하고 있는 것으로 이해될 수 있다. 대조평균만조위 측면에서 보면 인천항과 목포항의 경우 추정치에 비해서 낮은 값을 사용하고 있는데 반해서 군산항은 높은 값을 사용하고 있는 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

1. 李錫祐, 한국근해해상지, 집문당, 1992,9
2. 崔秉昊, 우리나라 精密水準網에 관한 연구, 국립지리원,1984
3. 박기진, 하구역에서 지형변화에 따른 조석체계의 변화, 부산대학교 대학원, 1995,2
4. 李錫祐, 한국 항만 수리지, 집문당,1994,12
5. 농어촌진흥공사, 서남해안 조사설계지구 조위 자료, 1987,12
6. 농어촌진흥공사, 서남해안 조사설계지구 조위 자료, 1989,12
7. 최영섭, 한국의 평균해면 관측, 수로기술연보,1991
8. 조홍래, 한국의 간척, 농어촌진흥공사,1996.2
9. 이종우, 목포항 주변 조위상승 원인 분석 및 항구대책연구, 전라남도,1993.2
10. 박승우, 방조제 해일 피해의 해석과 대책에 관한 연구 I(1990,12), II(1991,12),
농림수산부
11. 박승우, 해수면 및 해저퇴적층 변화예측 연구 I(1986,12), II(1987,12), III(1988,12)
12. 李錫祐, 금강 하구 수리 현상 조사, 군산항 건설 사무소, 1988,6
13. 수로국, 水路法規集, 1991,12
14. 최영박, 항만공학, 문운당,1984
15. 이동영, 국가 종합 해양 관측망 구축 개발 연구(III), 1983,8
16. 崔秉昊, 安元植, 錦江 感潮區間의 潮汐 傳播, 한국수문학회지, 제1권 제1호, 1985,3
17. 崔秉昊, 우리나라 水準網形成의 沿革과 仁川의 標高 基準, 한국 해안 해양 공학회, 제94 제2호
18. 崔秉昊, 인천항 조위분석에 관한 연구, 해양개발연구소, 1980.9
19. 권순국, 조류예측 유한요소 수치 모형 개발 I(1992,12), II(1993,11), III(1994,11), 농림
수산부
20. 崔秉昊, A Tidal Model of the Yellow Sea and the Eastern China Sea, KORDI,
1980
21. J.D. Salas et al, Applied Modeling of Hydrologic Time series, W-r publications,
1980.
22. J.J. Dronkers, Tidal Theory and computations, Academic press Inc., 1975
23. J.J. Dronkers, Tidal computations, North-Holland, 1964
24. J.D.Salas.et.al. Applied Modeling of Hydrologic Time series W.R.P, 1980
25. 日野幹雄.長谷部正彦, 水流出解析, 森北出版, 1985
26. NT Kottegoda, Stochastic Water Resources Technology, Mac Millan.press, 1980
27. Vujica Yevijevich, Stochastic Processes in hydrology, W-R Pub, 1972