韓國港灣學會 第11卷 第1號, pp.1~8. 1997.

論 文

목포해역 개발에 따른 항내 조석변화

정명선* · 정대득** · 신승호*** · 이중우****

Tidal Changes in the Harbor due to the Development of Mokpo Coastal Zone

M.S. Jeong · D.D. Jeong · S.H. Shin · J.W. Lee

Key Words : 연안역개발(Development of Coastal Zone), 조위(Tide level), 조화분해(Harmonic analysis), 최소자승법(Least square method), 시계열(Time series), 이동평균(Moving average), 분조(Tidal component), 교점계수(nodal factor), 위상지각(phase lag)

Abstract

Tidal changes in Mokpo harbor and its adjacent coastal waters caused by the coastal development including the construction of the Youngsan, Youngam, and Gumho Estuary Barrages had been predicted previously. Since then, the construction work for these estuary barrages had been completed and it was available to get water level variations from the continuous measurement at the Mokpo tidal station.

This study deals with the analysis of water level variation from the observed data by the harmonic analysis and mathematical treatment. Some comparisons between the observed water level changes and the predicted by the numerical model are made, which was not supported before. The result shows that the trend of the water level changes are following well the previously predicted variations.

* 정회원, 목포해양대학교 교수
** 정회원, 한국해양대학교 대학원
*** 정회원, 큐슈대학 대학원
**** 정회원, 한국해양대학교 해양토목공학과 교수

1. 서 론

서남해안지역의 중심도시인 목포는 "21세기의 국제도시"의 준비로 목포를 둘러싸고 있는 무안, 영암, 신안군의 일부지역을 편입해 면적을 3.7배 확장시킬 구상을 가지고 있으며, 사회간접자본 확보를 위해 서남권 사업지대의 물류지원을 목적으로 서해안 고속도로, 광양-목포간 고속화도로, 신외항 연계 철도건설공사 등 목포를 중심으로 하는 교통망의 확장 및 발전이 진행중에 있다. 또한, 하구둑 건설과 방조제 채절에 이은 기존의 대불국가공단과 한라공단 등의 활성화 추진, 신도심지 확보, 신공항개발, 목포신외항 등의 추가 개발로 인해 전남권의 중심지로 발돋움하기 위해 지속적인 연안역의 매립이 진행될 예정으로 있어서 또 한차례의 조위 변화를 예상할 수 있다.

목포항의 조석은 우리나라 서해안에 현저한 반일주조가 우세한 1일 2회조의 형태를 나타내며 서해 남부 해안중에서는 조석간만차가 크지 않은 편에 속한다. 영산강하구둑, 영암 및 금호 방조제가 축조되기 전에는 외해에서 유입되는 조류가 영산강, 영암호 및 금호호를 거슬러 올라갔으나 축조후에는 이 지점에서 조류의 유출입이 차단되어 하구둑 전면에 위치한 대불단지 및 목포항 부근역에 조석이 상승하고 조차가 증가된 경향을 나타내고 있다.

영산강 프로젝트는 1963년에 네덜란드 기술용역단(NEDECO)의 기술자문으로 하구언 건설전에 그 영향을 분석하여 진행이 되었지만 당시에 사용한 조석수치모델은 1차원으로 실제보다 과소평가한 것으로 알려져 있다. 이는 당시의 기술수준으로 정확한 예측결과를 기대하는 것은 무리이다. 그 이후 영암방조제와 금호방조제를 구축하면서 농어촌진흥공사에서 2차원 수치모델을 적용하여 그 변화정도를 1~2cm정도로 극히 작게 평가를 하였다. 그러나 1991년부터 심각하게 해당지역의 침수가 빈발하고 그 피해가 심해지자 이에 대한 영향을 분석할 필요를 느끼게 되었고, 이 및 신(1991), 정(1992), 이(1992, 1993)등이 1960~1991년의 목포항 검조기록을 조사하여 영산강 하구둑 건설과 영암 및 금호 방조제 건설에 따른 조위변화를 체계적으로 분석하였으며, 그 원인을 밝힌 바 있다. 최 및 노(1996)는 1962년~1992년의 검조자료에서도 분석한 결과를 영산강 하구둑에 대한 영향으로 보고 해면이 19cm정도 상승한 것으로 제시하고 있다.

당시의 검조기록은 금호호의 채절 이전자료로 이후의 영향을 비교할 수 없었으나 본 연구에서는 최근 1995년까지의 검조자료를 확보하여 금호방조제까지 채절이 완료된 이후, 또한 대단위 간척사업 및 연안역 개발 에 따른 수역의 감소로 인한 조석체계의 변화를 정량적으로 분석하고자 하였다. 조석의 변화는 목포 연안역의 저지대에 수위변화를 가져와 과거 빈번하게 범람하여 실증되었고, 해안을 따라 수km에 걸쳐 차수벽, 관로 및 배수시설을 정비하여 과거보다 현저하게 범람의 강도가 줄어들었다고는 하지만 최근 북항일부 저지대에서도 내항 해안로 일대와 더불어 침수가 발생하고 있다. 이와 더불어 저조위는 이와같은 개발이 진행되기 이전보다 더욱 낮아져서 연안의 선박통항에 장애요인이 되고 있으며, 수역감소로 인한 조류의 유속감소로 해수교환에 영향을 미쳐 수질에 대한 우려 또한 높아지고 있다.

본 연구에서는 최소자승법(Least square method)으로 검조자료를 조화분해(harmonic analysis)하여 조화상수를 구하는 등 조석의 특징변화를 파악하고 이전의 연구를 통해 예상하였던 해면변화에 대해 그 이후의 실측자료를 분석하여 비교하고자 한다.

2. 분석 방법

2.1 조화분해

조석은 기조력(tide generating force)으로 인한 선형적인 변동 이외에 육지경계면과 해저면 마찰 등으로 인한 비선형적 변동 특성을 나타낸다. 조석의 해역적 변화는 이러한 비선형성의 영향으로 나타난다. 기조력의 변동은 지구와 달 등 천체의 운동과 관련하여 천문학적으로 계산할 수 있으나, 조석의 변동은 실제 해양의 관측을 통하여 얻게 된다. 이미 관측된 자료를 이용하여 기조력과 조석사이의 관계가 파악되면, 이를 이용하여 조석을 예측

할 수 있다. 기조력의 변동에 대한 조석의 변동은 주로 조화분해를 통하여 분석한다.

복잡한 운동을 하는 천체로 인한 조석을 지구로부터 일정한 거리에서 각 고유의 속도를 가지고 적도상을 운행하는 무수의 가상천체에 기인하는 규칙적인 개개의 조석을 합성한 것이라고 생각하였을 때 이 개개의 분조(tidal component)를 조석 실측치로부터 조화분해에 의하여 구하고 이 중 4주요분조(M_2, S_2, O_1, K_1)의 진폭을 이용하여 조석의 특징인 조석형태수를 구할 수 있다. 조석의 조화상수는 분조의 반조차와 지각(遲角)을 나타내는 것으로 임의지점의 시간별 조위의 관측치 $S(t)$ 를 이론식 $\overline{S}(t)=a\cos(\omega t-\phi)$ 에 보간시켜 진폭 a 및 위상 ϕ 를 계산하여 구한다. 이때 각주파수 ω 는 알고 있는 값이다.

최소자승법을 도입하여

$$\varepsilon=\sum_{i=1}^{N}[S(t)-a\cos(\omega t-\phi)]^2 \quad \cdots\cdots (1)$$

을 최소로 하는 a 와 ϕ 를 계산한다. 이때 최소화 조건은 다음과 같다.

$$\frac{\partial\varepsilon}{\partial a}=-2\sum_{i=1}^{N}[S(t)-a\cos(\omega t-\phi)] \cdot\cos(\omega t-\phi)=0 \quad \cdots\cdots (2)$$

$$\frac{\partial\varepsilon}{\partial\phi}=2\sum_{i=1}^{N}[S(t)-a\cos(\omega t-\phi)] \cdot\sin(\omega t-\phi)=0 \quad \cdots\cdots (3)$$

이 최소조건식에는 ϕ 가 cos의 인자로 들어있으므로, $Ax=B$ 의 형태로 문제를 바꾸기 위해 이론식을 정리하면

$$\begin{aligned}\overline{S}(t) &= a\cos(\omega t-\phi)\\ &= a(\cos\omega t\cos\phi+\sin\omega t\sin\phi)\\ &= a\cos\phi\cos\omega t+a\sin\phi\sin\omega t\\ &= \alpha\cos\omega t+\beta\sin\omega t\end{aligned} \quad \cdots\cdots (4)$$

로 변환되고

$$\begin{bmatrix}A_{11}A_{12}\\A_{21}A_{22}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\alpha\\\beta\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}B_1\\B_2\end{bmatrix} \quad \cdots\cdots (5)$$

의 형태로 유도한다. 여기서, $\alpha=a\cos\phi$, $\beta=a\sin\phi$이다.

최소자승법에 의한 α와 β의 결정은 다음과 같다.

$$\varepsilon(\alpha,\ \beta)=\sum_{i=1}^{N}[S(t)-\alpha\cos\omega t-\beta\sin\omega t]^2 \quad \cdots (6)$$

이때 최소조건식은 다음과 같다.

$$\frac{\partial\varepsilon}{\partial\alpha}=-2\sum_{i=1}^{N}[S(t)-\alpha\cos\omega t-\beta\sin\omega t]\cos\omega t=0 \quad \cdots\cdots (7)$$

$$\frac{\partial\varepsilon}{\partial\beta}=-2\sum_{i=1}^{N}[S(t)-\alpha\cos\omega t-\beta\sin\omega t]\sin\omega t=0 \quad \cdots\cdots (8)$$

이를 정리하면

$$\alpha\sum_{i=1}^{N}\cos^2\omega t+\beta\sum_{i=1}^{N}\sin\omega t\cos\omega t=\sum_{i=1}^{N}S(t)\cos\omega t \quad \cdots\cdots (9)$$

$$\alpha\sum_{i=1}^{N}\sin\omega t\cos\omega t+\beta\sum_{i=1}^{N}\sin^2\omega t=\sum_{i=1}^{N}S(t)\sin\omega t \quad \cdots\cdots (10)$$

이 된다.

이를 행렬식으로 나타내면 다음과 같다

$$\begin{bmatrix}\sum_{i=1}^{N}\cos^2\omega t & \sum_{i=1}^{N}\sin\omega t\cos\omega t\\ \sum_{i=1}^{N}\sin\omega t\cos\omega t & \sum_{i=1}^{N}\sin^2\omega t\end{bmatrix}\cdot\begin{bmatrix}\alpha\\\beta\end{bmatrix} \quad \cdots (11)$$

$$=\begin{bmatrix}\sum_{i=1}^{N}S(t)\cos\omega t\\ \sum_{i=1}^{N}S(t)\sin\omega t\end{bmatrix}$$

이로서 다음과 같이 진폭 a 와 위상 ϕ 가 계산된다.

$$a=\sqrt{\alpha^2+\beta^2} \quad \cdots\cdots (12)$$

$$\phi=\tan^{-1}\left(\frac{\beta}{\alpha}\right) \quad \cdots\cdots (13)$$

임의의 지점에 있어서의 조위 $S(t)$ 를 cosine 항으로 표기된 각 분조의 합으로 나타내면 다음 식(14)와 같다. 분석할 자료는 선택된 기간동안의 것이므로 보통 분조의 수 n도 목적하는 정도에 따라 선택한다. 다만, 분조는 장래의 조석을 충분히 재현할 수 있도록 선택하여야 한다.

$$S(t)=S_0+\sum_{i=0}^{n} f_i a_i \cdot \cos[\omega_i t+(V_0+u)_i-\phi_i)] \quad \cdots\cdots (14)$$

여기서 S_0 : 평균해면의 높이, t : 표준지방시각, i : 분조를 표시하는 첨자, f_i : 18.6년의 주기적 변화를 고려한 진폭의 교점계수(nodal factor), a_i : 반조차, ω_i :각속도, $(V_0+u)_i$: 표준시 기준의 천문학적 상수로 위상의 보정치에 해당, V_{0i} : 평형이론에 따른 분조의 위상이 균등하게 변하는 부분, u_i : 교점선의 위치에 따라 결정되는 V_{0i} 의 수정치, ϕ_i : 표준시 기준의 위상지각(phase lag), n : 고려할 분조의 수를 나타낸다.

2.2 이동평균

이동평균은 평균조작이 가진 평활화 작용을 이용하여 시계열에서 국소적인 불규칙성을 제거하고 대국적인 경향을 추출하는 방법으로 목포항의 조석과 같은 장기간의 시계열에 대한 동적인 평균선으로서 변화의 대국적인 경향을 구하고자 할 때 그 경향선의 수학적인 표시로 구속됨이 없이 그 주요 경향을 파악하도록 하는데 있으나 수학적인 식을 가정하지 않으므로 최소자승법은 사용할 수 없다. 실제 시계열은 보는 사람에 따라 다소 개인차이가 있기 때문에 어느정도 객관성을 가진 방법으로 평균치의 계산기간을 일부분 중복시켜서 각각의 기간의 평균치를 연결하는 것이다.

목포항의 경우 분석하고자 하는 기간에는 대규모 수역을 재한하는 하구언공사가 수년간 걸쳐 진행되고 있으며 체절의 전후에는 상당한 변화를 야기한다. 본 연구에서는 이러한 변화를 파악하기 위하여 조화분해시 적용한 기간인 1년을 이동구간으로 정하여 평균조작을 실행하기로 한다. 목포항 조석의 월별 평균치의 36년간 시계열중 1960년 제 1월에서 12월까지, 2월에서 1961년 1월까지, ···· 등으로 12개월의 구간을 순차적으로 이동시켜 각 구간의 평균치를 단순이동시켜 이들을 연결시킨 것이 단순이동 평균경향선이다. 시계열을 S_1, S_2, S_3 ····· 라 하고, 시계열의 제 1항에서 m 항까지를 평균하여 이동시키는 것으로 하면 이동평균 $\overline{S(t)}$ 는

$$\overline{S(t)}=\frac{1}{2k+1}\sum_{\tau=-k}^{k} S(t)+\tau \quad \cdots\cdots (15)$$

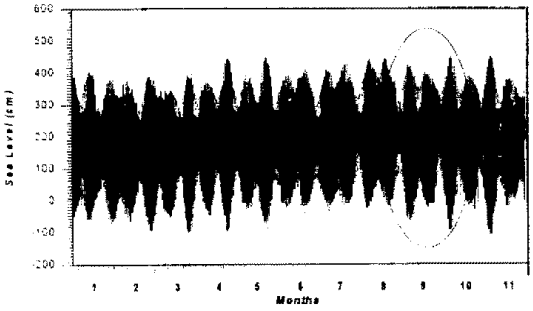
로 되어($2k+1$)동안의 이동평균을 구할 수 있는데 해당시점을 중심으로 과거 및 미래로 같은 길이씩 이동하여 구한 평균이 된다.

3. 결과 및 토론

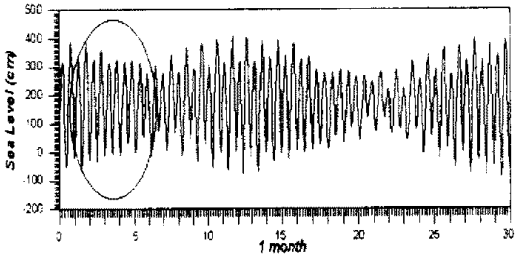
3.1 조화상수 및 조석형태의 변화

1962년에서 1994년의 매시간 검조기록 자료를 수로국을 통하여 구하고 이를 전술한 바와 같이 매년 조화분석으로 주요분조를 도출하였다. 목포항 검조소에서 측정한 1994년 한 해의 조위의 시계열(time series)도는 Fig.1과 같다. Fig.1(b) 및 (c)에서와 같이 목포의 조석은 대조시와 소조시의 차이가 비교적 큰 반일주조의 형태를 가진다. 조화분석은 년별분석으로 수십개의 분조에 대한 조화상수가 판별가능한 형태로 프로그램을 개발하여 실행

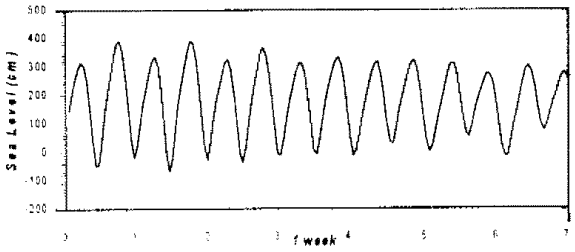
폭의 연간 변화추이를 나타내면 Fig.2와 같다. 그 결과 일주조의 진폭변화는 전년에 걸쳐 거의 변화를 나타내지 않는 반면 이 해역의 조석의 특징인 반일주조의 변화가 두드러짐을 알 수 있다. 반일주조는 영산강 하구둑 체절시기인 1980년 초부터 서서히 진폭변화가 커져서 1982년 이후에는 주태음 반일주조(M2)가 12cm, 주태양 반일주조(S2)가 8cm, 태음타율조(N2)가 4cm내외의 증가를 나타내었다.



(a) For a whole year(1994)



(b) For september



(c) For a week

Fig.1 Time series of tidal observation at Mokpo Harbor(1994)

한편, 영암방조제가 체절이 완료된 1991년까지는 변동이 없으며 92년에는 다시 M2가 5cm, S2가 2cm, N2가 1cm정도 더 증가하였고, 금호방조제가

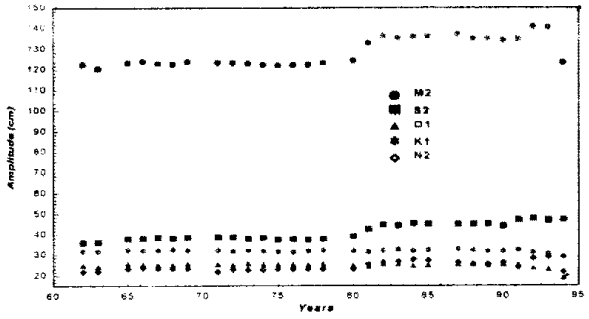


Fig.2 Variation of tidal amplitudes at Mokpo Harbor (1962-1994)

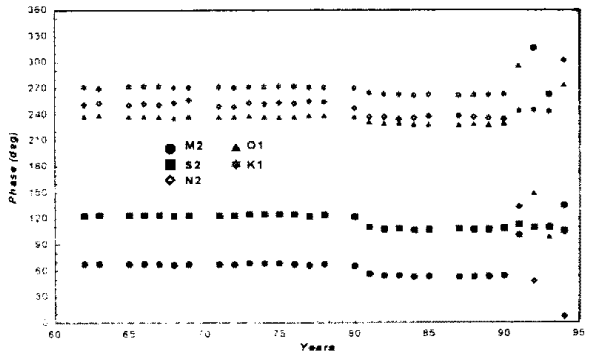


Fig.3 Variation of phase lags at Mokpo Harbor(1962-1994)

체절이 된 1994년에는 이들의 영향이 여전히 미침으로 인한 변화가 심하므로 상세한 정보는 95년 이후의 자료에서부터 알아볼 수 있을 것이다. 위상변화도 진폭변화와 비슷한 양상을 보이나 90년대 이후에는 복잡하게 나타난다.

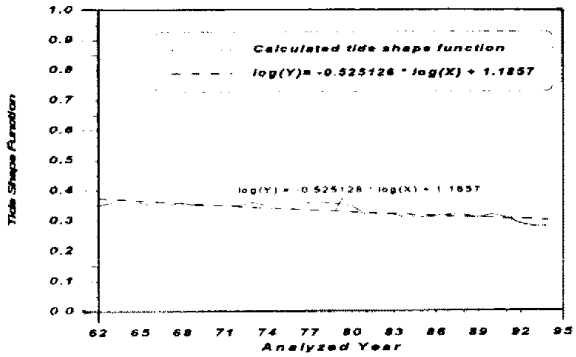


Fig.4 Changes of tidal shape factor

한편 조석형태수의 변화를 나타내기 위하여 주요 4분조를 이용하여 계산한 결과는 Fig.4에 나타내었다. 전반적으로 조석형태수는 0.36에서 0.28로 점차 감소하여 반일주조가 점점 강해지고 있으며 형

태수의 감소는 power fitting을 통해 식(16)과 같이 정리된다. 이 식에서 상수항은 기준년도 선택에 따라 변하므로 의미를 특별한 의미를 가지지 않는다.

$$\log(Y) = -0.525126 \cdot \log(X) + 1.1857 \quad \cdots(16)$$

조화분해의 결과를 이전의 연구(정; 1992, 이; 1992, 1993)에서 제시한 바와 같이 영산강 하구둑 건설(1978.1.20~1981.2.28), 영암방조제 건설(88.6.30~1991.4.8), 금호방조제 건설(1989.12.19~1994.3.24) 등으로 구분하여 이 기간동안 분석된 4주요분조를 통해 각종 수준면을 정리하면 Table 2와 같이 정리할 수 있다. 이 표에 따르면 영산강 하구둑 축조후의 평균만조위(H.W.L)는 368.3cm이며 대조평균만조위(H.W.O.S.T)는 411.9cm, 대조평균간조위(L.W.O.S.T)는 55.7cm로서 대조차는 356.2cm, 평균조차는 269.0cm, 소조차는 181.8cm를 나타내 서해안의 항구 중 조석간만차가 심하지 않은 편에 속한다.

Table 1 Variation of annual mean of tidal levels

Year	HHW	MSL	LLW
1962	410.92	215.0	-30.0
1963	406.08	212.9	-28.5
1964	411.25	214.5	-37.1
1965	408.17	210.6	-37.7
1966	413.50	213.1	-40.7
1967	412.42	211.4	-32.9
1968	410.92	209.9	-33.3
1969	415.72	214.8	-31.6
1970	414.83	214.2	-36.3
1971	418.17	217.7	-27.5
1972	420.50	214.4	-31.8
1973	412.25	215.0	-32.6
1974	415.17	216.2	-32.8
1975	415.58	218.1	-25.2
1976	413.92	215.2	-37.3
1977	408.92	213.3	-38.5
1978	417.67	212.6	-37.0
1979	416.83	213.4	-38.2
1980	416.50	212.0	-43.0
1981	435.58	214.4	-61.3
1982	**439.17**	**211.8**	**-71.5**
1983	440.67	215.2	-66.2
1984	441.75	213.6	-68.1
1985	441.00	213.6	-66.1
1986	443.42	212.6	-62.5
1987	444.83	214.5	-68.2
1988	440.17	212.0	-60.5
1989	441.25	216.1	-59.8
1990	446.08	216.0	-50.0
1991	**454.25**	**216.1**	**-67.5**
1992	462.33	222.9	-65.4
1993	457.50	216.6	-73.4
1994	**464.92**	**219.3**	**-69.2**
1995	462.83	212.1	-81.6

영산강하구둑 축조전과 축조후의 관측조위를 비교해 보면 축조전의 대조차가 318.6cm, 소조차는 171.8cm로 전후의 차이는 대조시 37.6cm 소조시는 10.0cm가 되어 축조후에 상승하고 있음을 알 수 있다. 또한 약최고만조위 값이 축조전 429.6cm부터 축조후467.6cm로서 38.0cm 만큼 상승한 반면에 영암 방조제 축조 후에는 대조차가 376.8cm, 소조차가 185.2cm, 약최고만조위가 485.4cm로 되어 1982년도에 비해 각각 20.6cm, 3.4cm, 17.8cm가 증가하였다.

한편, 금호 방조제는 Table 2에서와 같이 채절이 진행된 1994년의 관측기록이 분석되었으므로 조화분석을 통한 조위는 떨어진 것으로 나타났는데 일일관측기록에서는 떨어지다가 년말에서부터 다시 커지는 경향을 나타내고 있어서 1995년 이후의 관측자료를 조화분해할 때 보다 정확한 변화를 파악수 있을 것이다.

Table 2 Non-harmonic constants at Mokpo Harbor

Non-harmonic constants \ Period	Before Youngsan Barrage (1980)	After Youngsan Barrage (1982)	After Youngam Barrage (1992)	During Gumho Barrage work (1994)
Aprox.H.H.W.($2\times S_o$)	429.6cm	467.6cm	485.4cm	436.4cm
H.W.O.S.T. $[S_o+(H_m+H_s)]$	374.1	411.9	431.1	388.8
H.W.O.M.T. (S_o+H_m)	337.4	368.3	383.2	341.6
H.W.O.N.T $[S_o+(H_m-H_s)]$	300.7	324.7	335.3	294.4
M.S.L.(S_o)	214.8	234.0	242.7	218.2
L.W.O.N.T. $[S_o-(H_m-H_s)]$	128.9	142.9	150.1	142.0
L.W.O.M.T (S_o-H_m)	92.2	99.3	102.2	94.8
L.W.O.S.T $[S_o-(H_m+H_s)]$	55.5	55.7	54.3	47.6
Approx.L.L.W.(0)	0.0	0.0	0.0	0.0
Spring Range $2(H_m+H_s)$	318.6	356.2	376.8	341.2
Mean Range $2H_m$	269.0	269.0	281.0	246.8
Neap Range $:2(H_m-H_s)$	171.8	181.8	185.2	152.4

3.2 월평균해면 및 년평균해면의 변화

월평균해면 및 년평균해면의 변화는 1960년에서 1995년까지의 조석자료를 12개월의 이동평균 에 의하여 그 경향을 파악하였다. 1960~1995의 조석자료를 고극조위, 저극조위, 평균해면 등으로 시계열과 이동평균으로 경향선을 구한 것은 Fig.5 및 Fig.6과 같으며, 이중 Fig.6은 1983년도의 조위 수측점 변경을 보정한 것이다.

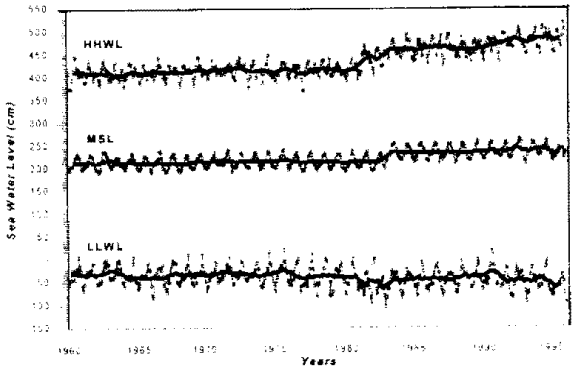


Fig.5 Monthly moving average of HHWL, MSL and LLWL (before correction)

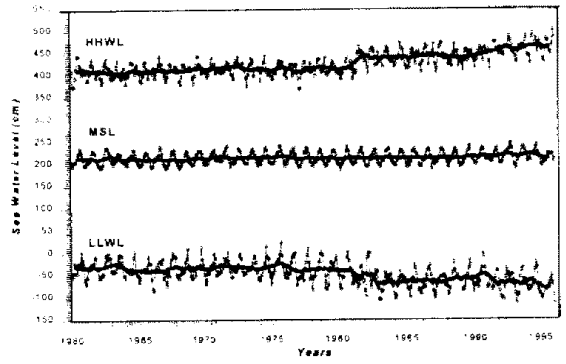


Fig.6 Monthly moving average of HHWL, MSL and LLWL(after correction)

1) 고극조위 변화

Tabie 1에 보인 바와 같이 영산강하구둑 건설후의 변화를 감안하여 조위의 수측점을 20cm 낮춘 것을 보정하면 하구둑 건설후 고극조위(최고만조위)의 값은 약 14cm 상승하는 것으로 나타났다. Fig.6에 그 구체적인 변화경향을 나타내었으며, 전월에 걸쳐 고극조위값이 건설전·후 모두 상승한 것을 알 수 있었다. 영산강 하구둑 건설전의 최대 고극조위는 74년 8월의 448cm이고, 최저고극조위는 77년 2월에 370cm로 기록된 것에 반하여 건설후의 최대고극조위값은 이상기록으로 95년 11월의 510cm, 최저고극조위값은 82년 3월의 404cm로, 건설전.후 34cm에서 52cm의 차이를 보이고 있다.

Fig.6은 60년에서 91년까지의 월평균값을 12개월 이동평균하여 수정된 수측점을 기준으로 나타낸 것으로 1983년 이후 수로국에서 수축점을 20cm 조정하여 관측한 것을 보정한 결과에서는 평균해면이 일정하게 유지되는 반면에 고극조위 및 저극조위 값은 뚜렷한 변화를 보이고 있다.

또한, 1980년에서 1991년에 441.25cm, 1992년에는 462.33cm로 체절전의 기준년도에 대해 각각 22.7cm, 24.8cm, 45.8cm 정도가 상승한 것으로 나타났다. 영암방조제·금호방조제공사가 진행된 1990년이후 2월, 5월 및 6월을 제외한 고극조위의 월별 평균을 보면 1982년~1989년의 평균보다 14cm전후로 상승한 것을 알 수 있다.

2) 저극조위 변화

Fig.6에 나타난 하구둑 건설전·후 저극조위값을 살펴보면, 전·후에 각각 -43.0cm, -66.2cm로 약 23cm 감소하고 있으며, 저극조위 및 고극조위값 모두가 하구둑이 완공된 81년 이후 90년까지의 값이 71년에서 80년의 값에 비하여 뚜렷한 차이를 보이고 있음을 알 수 있다. 하구둑 건설전의 최대·최소 저극조위 값은 75년 9월의 +25cm, 66년 2월의 -84cm인데 반하여 건설후의 최대·최소저극조위 값은 90년 8월의 +21cm, 95년 12월의 -119cm로 4cm에서 35cm의 차이를 나타내고 있다.

3) 평균해면 변화

Fig.6에서 60년에서 95년까지의 연대별 평균해면의 월별 변화경향을 보면 전년에 걸쳐 뚜렷한 상승을 보이고 있다. 하구둑 건설전·후의 평균해면을 비교해 보면 건설전 71년 9월에 242.3cm로 최대값을 나타내고, 62년 3월에 190.8cm의 최소치를 나타내는데 반하여 건설후에는 89년 8월에 263.6cm의 최대치를, 82년 2월에 194.5cm의 최소치를 나타내

어 4~21cm의 차이를 보이고 있다.

영산강 하구둑 건설전 · 후의 연평균 해면을 계산하여 비교하면 건설전('60~'80년)에 214.0cm, 건설후('81~'91년)에 230.5cm로 16.5cm의 상승을 나타내고 있다. 1960년에서 1980년까지의 21년동안 연평균 해면이 1965년에 210.63cm로 최저를 나타내었고 1975년에 최고 218.09cm를 기록하였으나, 전반적으로는 1981년을 전후로하여 213~214cm 정도의 균일한 값을 보였다. 분석자료에 의하면 영산강개발 초기에는 미세한 상승세를 나타내었으나, 1983년부터 평균 25cm가 상승하여 급격한 변화를 기록하였며 변화 이후에도 점진적으로 상승하고 있음을 알 수 있다. 또한, 1983년 수로국은 목포구 주위 양화리 및 월내리의 조석관측 결과 이전의 관측기록에 비하여 각각 26.4cm, 26.2cm의 조위가 상승하여 이를 영산강하구둑 공사에 기인한 것으로 보았다.

한편, 영산강하구둑 체절(1981.1.28) 이후 조위가 20cm 정도로 급상승하여 조위에 급격한 변화가 있었다. 이에 따라, 수로국에서는 1981년과 1982년년의 관측한 조석치를 조화분해로 조위표의 영점표고를 조정하였다. 따라서 1983년부터는 수측점을 20cm내려 기록해오고 있다.

평균해면의 조정 이후 월별로 다소 차이는 있으나 1cm전후의 상승이 있는 것으로 나타나고 있으며 1990~1991년 양년의 평균은 1982년에서 1989년의 평균보다 2cm이상 상승한 것으로 나타났다. 한편, 영암방조제가 체절된 이후라도 금호방조제의 공사가 상당히 진행되고 있어서 1992년도에는 222.9cm, 1993년도에는 216.6cm, 1994년에는 219.3cm로 등락이 심한 편이었고, 금호방조제까지 체절이 완료되어 안정되기 시작한 1995년도에는 예년의 평균해면으로 복귀하였다. 따라서 연도별 단순비교에 따른 분석기록으로는 방조제 및 연안역의 개발이 진행중에 있는 현재, 개발이 평균해면 및 고조위의 변화에 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

4. 결 론

목포항의 검조자료를 연속적으로 분석한 자료에서 평가해본 결과 반일주조의 진폭은 증가하였으며, 일주조의 진폭은 변화가 거의 없는 형태로 나타났으나 대규모의 체절이 이루어졌던 1992년에서 1994년에는 이들의 경향을 따르면서도 분조의 진폭이 변화무쌍한 형태를 나타내고 있다. 최근자료의 분석으로 이전의 연구(이 및 정; 1992, 이 등; 1993)에서 예상하였던 해면의 변화를 따르고 있는 것으로 나타났다. 1995년의 고극조위 및 저극조위의 급변에 대해서는 1996년의 관측자료분석을 통하여 조위의 변화경향선의 추정 등 보다 자세한 해석이 뒤따라야 할 것으로 본다. 전반적으로 기상조의 영향은 다소 있으리라 예상되지만 기상자료 등을 참조하면 체절과 같은 대규모의 연안해역개발에 수반된 수역감소로 인한 영향이 해면변화의 주가 됨을 파악하게 되었다. 1995년이후의 관측자료의 확보와 지석적인 자료를 분석하여 연안의 범람에 대한 대비에 이용하여야 할 것이다.

참고문헌

1) 대한민국 수로국, "조석자료", 1980 ~ 1995
2) 대한민국 수로국, "수로기술연보", 1980 ~ 1995
3) 이중우, 신승호, "영산강지구 대단위간척지 개발로 인한 조석변화에 대한 수치실험", 한국항만학회지, 제5권, 제2호, 1991
4) 이중우, 정명선, "목포항 개발 및 대불산업단지 조성에 따른 연안해역 변화(I) - 해면정온도를 중심으로", 한국항해학회지, 제15권, 제2호, 1991
5) 이중우 등, "목포항주변 조위상승 원인 분석 및 항구대책 연구용역 보고서", 한국해양대학부설 항만연구소, 1993.
6) 정명선, "목포 연안역 개발에 따른 연안수역 변화에 관한 연구", 한국해양대학교 대학원 박사 학위논문, 1992.
7) 최병호, 노상준, "영산강하구둑에 의한 조위변화의 재평가", 한국해안 · 해양공학회 정기학술강연회 발표논문초록집, 1996, pp.129-132.
8) Dronkers, J.J., "Tidal Computations in rivers and coastal waters," North-Holland Pub. Co., 1964.