

기조력에 의한 지역별 조석지연

박 경 일

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《우리는 우주세계에 대한 연구를 많이 하여야 하며 인간생활과 많이 잇닿아있는 천문현상에 대한 연구사업을 잘하여야 합니다.》(《김정일전집》 제3권 381페이지)

밀물과 썰물을 일으키는 조석의 원인으로 되는것은 주로 달과 태양의 기조력이다. 논문에서는 기조력계산체계를 세우고 기조력과 조석사이의 관계를 연구하였다.

1. 기조력계산

달에 대한 중심천체는 지구이고 기본섭동체는 태양이다.

행성들의 인력도 기조력에 영향을 미치지만 그것들에 의한 섭동은 비교적 작고 태양에 의한 섭동보다 훨씬 작다.[1]

태양계행성이 지구에 주는 기조력의 수직성분은 공식

$$Z_p = \frac{2GMR}{r^3} \quad (1)$$

에 의하여 결정된다. 여기서 G 는 만유인력상수, M 은 행성질량, R 는 지구반경, r 는 행성과 지구사이의 거리이다.

태양기조력의 변화가 태양의 적위(δ_s), 관측위치(위도 ϕ), 시간에 관계되므로 다음과 같은 계산식을 적용하였다.

$$Z_s = \frac{1.5GM_s R}{r_s^3} \left[\cos^2 \phi \cos^2 \delta_s \cos 2t_s + \sin 2\phi \sin 2\delta_s \cos 2t_s + 3 \left(\frac{1}{3} - \sin^2 \phi \right) \left(\frac{1}{3} - \sin^2 \delta_s \right) \right] \quad (2)$$

여기서 t_s 는 태양의 시간각, δ_s 는 태양의 적위($\delta_s = \arctan(\sin \alpha_s)$), $\sin \alpha_s = (18.687 \ 326 + 0.002 \ 738 T_N) \cdot 15$, G 는 만유인력상수($G = 6.672 \times 10^{-11} \text{m}^3 / (\text{kg} \cdot \text{s}^2)$), M_s 는 태양질량($M_s = 1.99 \times 10^{30} \text{kg}$), R 는 지구반경($R = 6.378 \times 10^6 \text{m}$), r_s 는 지구로부터 태양까지의 거리($r_s = 1.495 \ 98 \times 10^{11} \text{m}$), α_s 는 태양의 적경, T_N 은 경대시이다.

달기조력계산에서는 달까지의 거리변화와 황경, 황위, 적경, 적위, 관측시간변화를 고려하였다.[2, 3]

$$Z_m = \frac{1.5GM_m R}{r_m^3} \left[\cos^2 \phi \cos^2 \delta_m \cos 2t_m + \sin 2\phi \sin 2\delta_m \cos 2t_m + 3 \left(\frac{1}{3} - \sin^2 \phi \right) \left(\frac{1}{3} - \sin^2 \delta_m \right) \right] \quad (3)$$

태양과 달의 황경, 황위, 적경, 적위는 원기 2000.0으로부터 시작하였다. 기조력계산과정은 다음과 같다.

해당 년, 월, 일을 입력하면 평년과 윤년계산원리에 의하여 년이 선정되며 력계산원리에 의하여 해당 날자가 결정된다. 식 (2), (3)에 의하여 하루 24h의 변화에 대한 값들이 계산된다.

태양과 달의 지역에 따르는 기조력계산과정은 다음과 같다.

① 년, 월, 일 입력

② 원기 2000.0을 기준으로 하여 해당 날의 율리우스날자를 계산하고 지역의 위도, 경도를 고려하여 $L, \beta, \theta, \alpha, \delta, S, t, r, Z_s, Z_m, \sum Z$ 를 계산한다. 여기서 L 은 황경, β 는 황위, θ 는 거리변화보정량, α 는 적경, δ 는 적위, S 는 항성시, t 는 시간각, r 는 지구로부터 달과 태양까지의 거리, Z_s 는 시간별 태양기조력, Z_m 은 시간별 달기조력, $\sum Z$ 는 시간별 합기조력이다.

③ 계산값출력

지구결면에서의 기조력변화는 태양과 달의 위치변화에 관계되는데 특히 달모습과 밀접히 련관되어있다. 달모습의 변화는 달과 태양의 황경차에 의하여 생기는 결보기현상으로서 황경차가 0일 때 즉 태양, 달, 지구순서로 한직선상에 있게 될 때(합순간)와 태양, 지구, 달순서로 한직선상에 있게 되는 순간(충순간)에 최대로 된다. 황경차가 $\pm 90^\circ$ 되는 때가 초생반달, 태양과 달이 지구에 대하여 90° 가 되게 배치되는 때가 그믐반달때로서 기조력이 최소로 된다.

합기조력은 관측자의 위도와 달과 태양의 적위값에 따라 다르며 지구자전현상에 의하여 하루에 두번 극대, 극소를 가지는데 그 값들이 차이나므로 조석부등현상이 나타나게 된다.

2. 기조력의 주기적변화

달과 태양이 지구에 미치는 기조력은 그 합력이 지구에서 보는 달모습변화와 같은 주기를 가지고 변한다. 기조력은 달모습변화의 한주기동안에 두번의 극대, 극소를 가지는데 진폭값이 평균 14.76d 주기로 변한다. 그런데 지구의 자전운동으로 하여 지구상의 주어진 점에서는 24h 50m동안에 두번의 극대, 극소가 생기므로 조석주기는 평균 12h 25m으로 된다. 그러나 달과 태양, 지구는 복잡한 운동을 하므로 달모습주기가 일정하지 않으며 태양을 기준으로 하는 지구주위에서의 달공전주기도 일정하지 않게 된다. 달은 지구주위를 공전할 때 지구를 초점으로 하는 타원운동을 하며 지구는 태양을 초점으로 하는 타원운동을 한다.

1년간 하현-삭, 삭-상현, 상현-망, 망-하현기간 조석주기를 조사한 결과를 표 1에 보여주었다. 상변환주기는 최소 13.5d이며 최고 16.08d이다.

표 1. 1년간 조석주기(d)

| 월 | 하현-삭 | 삭-상현 | 조석 | 상현-망 | 망-하현 | 조석 |
|----|------|------|-------|------|------|-------|
| 1 | 8.05 | 8.02 | 16.07 | 6.70 | 6.91 | 13.61 |
| 2 | 8.22 | 7.71 | 15.93 | 6.64 | 7.18 | 13.82 |
| 3 | 8.19 | 7.36 | 15.55 | 6.71 | 7.55 | 14.26 |
| 4 | 7.97 | 7.04 | 15.01 | 6.90 | 7.88 | 14.78 |
| 5 | 7.65 | 6.79 | 14.64 | 7.19 | 8.10 | 15.29 |
| 6 | 7.31 | 6.46 | 13.77 | 7.53 | 8.15 | 15.68 |
| 7 | 7.00 | 6.66 | 13.61 | 7.87 | 8.06 | 15.93 |
| 8 | 6.77 | 6.73 | 13.5 | 8.09 | 7.85 | 15.94 |
| 9 | 6.62 | 6.99 | 13.61 | 8.18 | 7.90 | 16.08 |
| 10 | 6.29 | 7.35 | 13.64 | 8.09 | 7.24 | 15.33 |
| 11 | 6.78 | 7.73 | 14.51 | 7.86 | 6.93 | 14.79 |
| 12 | 7.07 | 8.03 | 15.1 | 7.54 | 6.70 | 14.24 |

이런 주기적변동은 행성기조력합의 경우에 더욱 커진다. 하루 지구자전과 관련한 기조력변화도 매일 12h 25m마다 한번씩 일어나지 않으며 지어 하루 한번의 극대, 극소가 생길 때도 있다.

3. 기조력과 조석현상과의 시간적고찰

조석현상은 달과 태양에 의한 기조력변화에 원인을 두고있으며 지구의 자전현상과 바다물의 점성, 기타 지리학적영향에 의하여 기조력변화와 일정한 시간간격을 두고 일어난다. 각 지역에서의 기조력은 정중순간에 극대로 되지만 밀물현상은 그와 시간적차이를 두고 생긴다.

논문에서는 조선서해의 연안 10개 지역에서의 기조력과 조석현상사이의 시간적차이를 계산하였다.(표 2)

실지계산은 10개 지역에서의 3개월분 자료들을 련시간으로 환산하여 수값적으로 시간적차이를 얻는 방법으로 하였다.

표 2. 지역에 따르는 지연시간

| 번호 | 지역이름 | 지연시간 |
|----|------|---------|
| 1 | ㄱ지역 | 5h |
| 2 | ㄴ지역 | 10h 30m |
| 3 | ㄷ지역 | 10h |
| 4 | ㄹ지역 | 4h |
| 5 | ㅁ지역 | 4h 30m |
| 6 | ㅂ지역 | 3h 30m |
| 7 | ㅅ지역 | 3h |
| 8 | ㅇ지역 | 2h 30m |
| 9 | ㅈ지역 | 2h 30m |
| 10 | ㅊ지역 | 2h |

맺 는 말

조선서해는 남쪽으로는 조선남해를 거쳐 태평양과 련결되어있고 북, 동, 서쪽으로는 조선반도와 중국대륙에 의해 둘러막힌 형태로 되어있다. 그러므로 시간지연현상은 북쪽에 위치한 지역들에서 더 뚜렷이 나타났으며 남쪽으로 내려오면서 약하게 나타났다. 시간지연현상의 기본원인은 바다물의 점성과 태양과 련결된 조선서해연안의 지리학특성과 관련된다.

참 고 문 헌

- [1] 김일성종합대학학보(자연과학) 61, 10, 48, 주체103(2014).
- [2] J. Shollykutty et al.; Research in Astron. Astrophys., 9, 4, 485, 2010.
- [3] P. J. Brockwell et al.; Time Series Theory and Methods, Springer, 39~42, 2016.

On the Local Tidal Delay by the Tide Generating Force

Pak Kyong Il

We established the system for calculating the tide generating force and investigated the local tidal delay by using this system.

Keywords: tide generating force, tide delay, astrometry