

## 부시네스크모형에 의한 지진해일전파과정분석방법

박춘옥, 김창건

우리는 지진해일의 전파변형과정을 밝히기 위한 연구를 하였다.

지금까지는 파동리론에 기초한 모형화방법[1], 에네르기바란스방정식에 기초한 모형화 방법[2]이 리용되었으나 이 방법들은 지진해일파의 높이를 얻어내는데 목적을 두고있으므로 지진해일파자체의 모양이나 연안구조물들과의 호상작용 같은것을 분석하는데는 리용되지 못하고있다.

이로부터 우리는 부시네스크모형을 적용하여 이것을 극복하였다.[3]

구면자리표계에서 코리올리힘을 리용한 1차근사형태의 부시네스크방정식은 다음과 같다.

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial h}{\partial t} &= -\frac{1}{R \sin \theta} \left[ \frac{\partial Q_{\varphi}}{\partial \varphi} + \frac{\partial}{\partial \theta} (Q_{\theta} \sin \theta) \right] \\ \frac{\partial Q_{\varphi}}{\partial t} &= -\frac{gd}{R \sin \theta} \frac{\partial h}{\partial \varphi} - fQ_{\theta} + \frac{1}{3R \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \varphi} \left\{ d^2 \frac{1}{R \sin \theta} \left[ \frac{\partial^2 Q_{\varphi}}{\partial t \partial \varphi} + \frac{\partial^2}{\partial t \partial \theta} (Q_{\theta} \sin \theta) \right] \right\} \\ \frac{\partial Q_{\theta}}{\partial t} &= -\frac{gd}{R} \frac{\partial h}{\partial \theta} + fQ_{\varphi} + \frac{1}{3R} \frac{\partial}{\partial \theta} \left\{ d^2 \frac{1}{R \sin \theta} \left[ \frac{\partial^2 Q_{\varphi}}{\partial t \partial \varphi} + \frac{\partial^2}{\partial t \partial \theta} (Q_{\theta} \sin \theta) \right] \right\} \end{aligned} \right\} \quad (*)$$

여기서  $R$ 는 지구반경,  $d$ 는 수심,  $f$ 는 코리올리파라미터,  $h$ 는 평균물면으로부터의 지진해일 높이,  $Q_{\varphi}$ ,  $Q_{\theta}$ 는 각각  $\varphi$ ,  $\theta$  방향으로의 흐름량들이다.

식 (\*)의 첫식을 리용하여 정리하면 그 둘째, 셋째 식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \frac{\partial Q_{\varphi}}{\partial t} &= -\frac{gd}{R \sin \theta} \frac{\partial h}{\partial \varphi} - fQ_{\theta} - \frac{1}{3R \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \varphi} \left( d^2 \frac{\partial^2 h}{\partial t^2} \right) \\ \frac{\partial Q_{\theta}}{\partial t} &= -\frac{gd}{R} \frac{\partial h}{\partial \theta} + fQ_{\varphi} - \frac{1}{3R} \frac{\partial}{\partial \theta} \left( d^2 \frac{\partial^2 h}{\partial t^2} \right) \end{aligned}$$

경계조건은 다음과 같다.

① 완만하게 변하는 해안에서는  $Q_{\varphi} = Q_{\theta} = 0$  으로, 절벽해안에서는 법선성분을 령으로 준다.  $h$ 는 계산적경계조건을 준다.

② 열린 액체경계에서  $Q_{\varphi}$ ,  $Q_{\theta}$ ,  $h$ 는 계산적경계조건을 줄수 있다.

지진해일초기발생지점에서 초기파원의 크기, 초기지진해일파의 높이, 주기는 선행리론에서 이미 제기된것을 리용하였다.

우리는 이 모형을 리용하여  $34-43^{\circ}\text{N}$ ,  $127-140^{\circ}\text{E}$ 의 계산구역에서 1986년 5월 26일 지진해일과정 ( $M=7.7$ ,  $\varphi=40.4^{\circ}\text{N}$ ,  $\lambda=139^{\circ}\text{E}$ )을 수값분석하였다.(표)

표. 정확도평가

지점	관측값/m	계산값/m	절대오차/m	지점	관측값/m	계산값/m	절대오차/m
1	2.99	3.1	0.11	7	2.97	2.85	0.12
2	2.5	2.9	0.4	8	3.1	3.6	0.5
3	1.42	1.8	0.38	9	2.23	2.8	0.57
4	5.1	4.3	0.8	10	1.4	1.6	0.2
5	4	3.29	0.71	11	1.4	0.9	0.5
6	4.28	3.85	0.43	12	4.5	3.8	0.7

표에서 보는바와 같이 평균절대오차가 0.45m로서 에네르기바란스모형에 의한 계산결과(0.80m)보다 정확하다.

### 맺 는 말

부시네스크모형은 앞으로 지형의 영향을 무시할수 있는 깊은 바다에서 지진해일파의 높이와 모양을 비롯한 연안에서의 류체동력학적문제들을 해결하는데 적용될수 있다. 앞으로 정확도를 더 높이자면 첫 해저지진발생후 나타나는 여진에 대한 보다 정확한 련속관측자료가 있어야 한다고 본다.

### 참 고 문 헌

- [1] E. Pelinovsky et al.; Natural Hazards, 25, 135, 2002.
- [2] Yuichiro Tanioka; Papers in Meteorology and Geophysics, 1, 17, 2000.
- [3] E. L. Geist et al.; Geophysical Research Letters, 35, 26, 2008.

주체103(2014)년 7월 5일 원고접수

## Analysis Method of the Propagation Process of Tsunami by Boussinesq Model

*Pak Chun Ok, Kim Chang Gon*

We performed the analysis of the propagation process of tsunami along the coast of Korean East Sea.

We simulated the propagation process of tsunami with linear Boussinesq model.

This model is known as the model possible to analysis not only the height of tsunami but also its shape and generation of coastal current.

When we use staggered explicit leap-frog finite-difference scheme and compare with observation data at 12 points, it is more correct than energy balance method.

Key words: tsunami propagation, linear Boussinesq model