

## 기상해일에 주는 바람과 기압의 영향분석을 위한 한가지 방법

리일광, 박춘옥

경애하는 최고령도자 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《수시로 일어나는 해일과 태풍피해를 막을수 있도록 해안들에는 해안방조제를 비롯한 여러가지 보호시설들을 견고하게 건설하고 정상적으로 보수관리하며 바람막이숲을 전망성 있게 조성하여야 합니다.》

기상해일은 조석현상과 밀접히 련관되어있으며 기압과 바람을 비롯한 기상학적인자들의 영향을 크게 받는다.

지난 시기 태풍에 의한 해일과 파도를 리론적으로 분석하고 수치모형화하기 위한 많은 연구[2, 3]들이 진행되었으며 그 과정에 조석, 해일, 파도라는 개별적인 현상의 특징을 밝히는데서 많은 성과들이 이룩되였다.

그후 기상해일과 조석결합의 중요성이 강조되고 최근에 기상해일-조석-파도결합모형에 의한 기상해일예보의 필요성이 제기되였다. 특히 연안에서 기상해일예보의 정확도를 높이기 위한 방도의 하나로서 기상해일을 조석, 파도모형과 결합하여 분석하고있다.

론문에서는 기상해일-조석-파도결합모형을 리용하여 기상해일에 영향을 주는 인자들에 대한 수치분석을 진행하고 주요인자들인 바람과 기압의 효과가 얇은 수역에서 어떻게 나타나는가를 기본으로 서술하였다.

### 1. 기 초 모 형

조석과 간석지에서의 이동경계처리를 포함하도록 수정된 해일-조석결합모형인 깊이 평균한 비선형얇은물방정식을 리용하였다.

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{M^2}{H} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{MN}{H} \right) + gH \frac{\partial \zeta}{\partial x} = \\ = fN - \frac{1}{\rho_w} H \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{1}{\rho_w} (\tau_s^x - \tau_b^x + F_x) + A_h \left( \frac{\partial^2 M}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 M}{\partial y^2} \right) \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{NM}{H} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{N^2}{H} \right) + gH \frac{\partial \zeta}{\partial y} = \\ = -fM - \frac{1}{\rho_w} H \frac{\partial P}{\partial y} + \frac{1}{\rho_w} (\tau_s^y - \tau_b^y + F_y) + A_h \left( \frac{\partial^2 N}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 N}{\partial y^2} \right) \end{aligned} \quad (3)$$

여기서  $\zeta$  는 바다표면상승,  $M, N$  은 깊이적분속도성분들,  $P$  는 대기압,  $H = \zeta + h$  는 전체 물깊이,  $h$  는 평균물면으로부터의 물깊이,  $g$  는 중력가속도,  $f$  는 코리올리파라미터,  $\rho_w$  는 바다물의 밀도,  $A_h$  는 수평막흐름확산결수,  $F_x, F_y$  는 파도에 의한 복사응력성분들이다.

바닥응력  $\tau_b$  는 다음과 같다.

$$\tau_b = \rho_w g n^2 \frac{Q|Q|}{H^{7/3}} \quad (4)$$

여기서  $Q$  는 깊이적분한 속도벡토르,  $n$  은 만닝결수이다.

물결면응력  $\tau_s$  은 다음과 같다.

$$\tau_s = \rho_a C_D W_{10} |W_{10}| \quad (5)$$

여기서  $\rho_a$  는 대기밀도,  $C_D$  는 쉘지결수,  $W_{10}$  은 바다면 10m높이에서의 바람속도이다.

경계조건은 고체경계에 수직인 흐름은 없다고 본다.

열린 경계에서 바다물면상승은 다음과 같다.

$$\zeta = \zeta_t + \zeta_s = \zeta_t + (P_\infty - P_{ob}) / g \rho_w \quad (6)$$

여기서  $P_\infty = 1013\text{hPa}$ ,  $P_{ob}$  는 열린 경계에서 태풍기압,  $\zeta_t$  는 조석물높이,  $\zeta_s$  는 파도높이이다.

간석지에서 물가이동경계처리를 진행하였다.[2]

한편 파도복사응력은 파도작용바란스방정식을 반응도식에 의해 수치풀이하여 얻었다.[1]

## 2. 결합모형의 수치풀이과정

해일-조석모형과 파도모형의 결합공정은 그림 1과 같다.

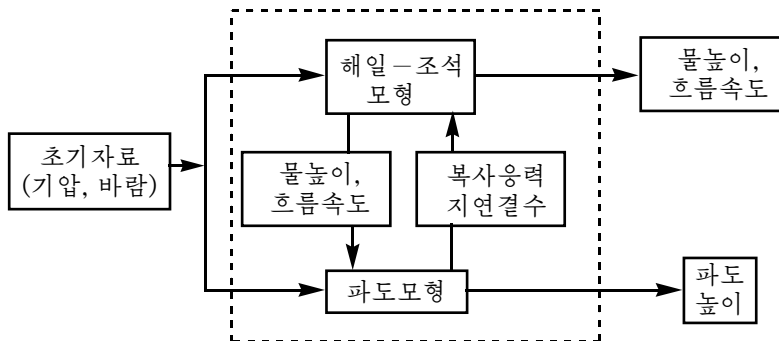


그림 1. 해일-조석모형과 파도모형의 결합공정

- ① 먼저 해일-조석모듈로 조석높이를 계산한다.
  - ② 파도모듈은 같은 수역의 흐름과 물높이조건하에서 파도높이를 계산한다.
  - ③ 다음 해일-조석모듈은 갱신된 파도에 의해 얻은 복사응력을 리용하여 계산을 진행한다.
  - ④ 공정 ②부터 ③까지 과정을 요구되는 계산시간만큼 반복한다.
- 해일-조석모형은 잘 알려진 방향교체계차법을 리용하여 수치풀이하였다.[2]

### 3. 기상해일에 영향을 주는 인자들에 대한 분석

970813호태풍은 조선서해 우리 나라 연안에 큰 해일을 일으켰는데 기상해일이 18.6년장동주기의 만조과정과 겹치여 나타났다.

표 . 계산방안	
방안	내용
1	조석+바람+파도+기압
2	조석+바람
3	조석

이로부터 논문에서는 계산방안을 표에서와 같이 선택하였다.

970813호태풍과정에서 나타난 기상해일에 주는 바람과 기압마당의 영향을 NCEP재분석자료를 리용하여 분석하였다.

계산구역은  $N 33.3^{\circ}-41^{\circ}$ ,  $E 117.5^{\circ}-127^{\circ}$ 로서 조선서해전반수역이 다 포함되도록 하였다. 그물분해능은  $\Delta x = \Delta y = \Delta s = 5n.mile$ , 계산시간간격은 5min, 그물점수는  $115 \times 95$ 개이다.

최대해일이 나타난 1997년 8월 20일 21시—1997년 8월 21일 12시과정에 대한 기압과 바람마당에 기초하여 계산된 방안별물높이를 분석하였다.

기상해일에 주는 기압과 바람의 영향을 보기 위해 서조선만의 지점 1( $N 39^{\circ} 20'$ ,  $E 124^{\circ} 40'$ )과 지점 2( $N 38^{\circ} 40'$ ,  $E 124^{\circ} 55'$ )에서 표의 계산방안에 따라 분석하면 지점 1에서 만조때 1방안보다 2방안에서의 해일높이가 최고 0.5m 더 크게 나타나며 2방안이 1방안에 비해 평균2제곱오차가 0.21m 더 작다.(그림 2)

지점 2에서는 그러한 경향성은 있으나 그 차이가 지점 1에서보다 훨씬 작게 나타나 최고 0.2m정도밖에 안된다.

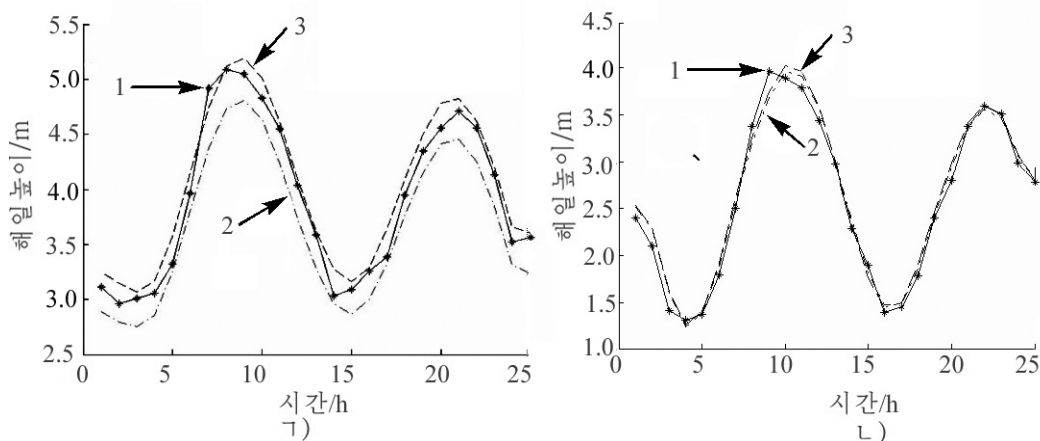


그림 2. 계산방안별해일높이

ㄱ) 지점 1, ㄴ) 지점 2, 1—관측값, 2—1방안, 3—2방안

0h—15h까지 계산방안에 따르는 인자들의 변화를 분석해보면 바람에 의한 물높이상승몹이 기압하강에 의한 몹보다 크게 나타난다.

이때 그 크기는 평균 14cm 더 높게 나타나며 그 차이는 만조기간에 더 크게 나타난다.(그림 3)

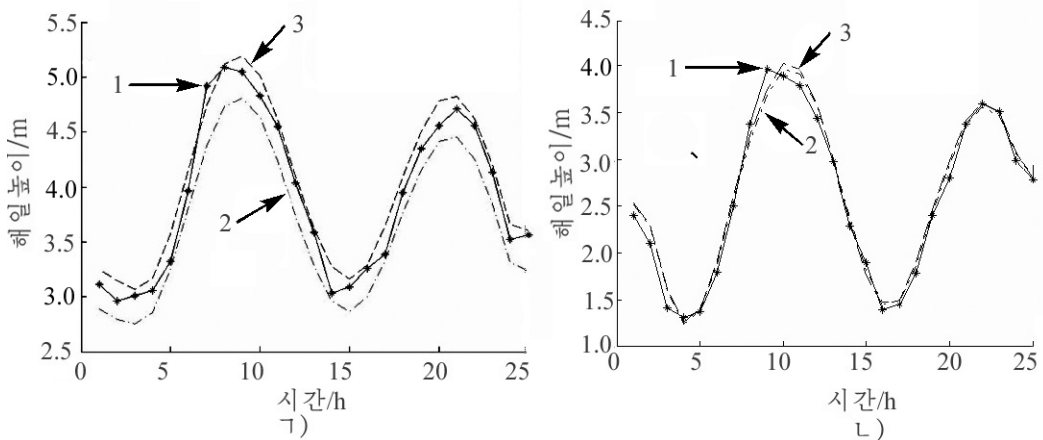


그림 3. 계산방안에 따르는 인자들의 변화

ㄱ) 지점 1, ㄴ) 지점 2, 1-기압만 고려하는 경우, 2-바람만 고려하는 경우

## 맺는 말

기상해일에 미치는 바람의 영향은 기압의 영향보다 20~30% 더 크며 그 정도는 수역에 따라 서로 다르게 나타난다. 이러한 특징은 평균물높이때보다 만조기간에 더 뚜렷하게 나타난다. 그러므로 만간조시간에보정확도에 바람에 의한 물높이상승이 일정한 정도로 영향을 미칠수 있다.

## 참고 문헌

- [1] 박춘옥; 기상과 수문, 2, 22, 주체 101(2012).
- [2] 최호정, 박진길; 해양수치모형화, 김일성종합대학출판사, 146~148, 주체99(2010).
- [3] Jian Shen et al.; Journal of Marine Systems, 75, 198, 2009.

주체108(2019)년 1월 5일 원고접수

## One Method for Analyzing Influence of Wind and Air Pressure on Storm Surge

*Ri Il Gwang, Pak Chun Ok*

We have analyzed tide, wind and air pressure among the several factors in connection with storm surge quantitatively by using the numerical combination model of tide-storm surge-wave (NCMTSW). Then the results show that the fundamental factor of giving rise to storm surge is violence wind.

Key words: storm surge, tide, air pressure