

가상 지진해일에 의한 동해안에서의 피해 예측

The prediction of maximum wave height for virtual tsunami in the eastern coast of the Korea

심주열* · 최문규** · 조용식***

Sim, Ju Yeol · Choi, Moon Kyu · Cho, Yong-Sik

Abstract

The Central East Sea Tsunami caused huge damage to the eastern coast of the Korean Peninsula, especially Imwon port was damaged relatively strongly because of water depth variation which makes the wave concentration on this port. there are many virtual tsunami in east sea which has a possibility of happening. So, it is very important to expect the region which may be damaged by virtual tsunamis.

In this study, modified dispersion-correction terms are used. The modified scheme has the advantage of using the constant spatial grid size and time step size even in real topography. Dynamic linking technique and staggered grid system are used. Using this model some cases of virtual tsunami was simulated and check the region which is occurred maximum wave heights on the eastern sea of the Korean peninsula.

key words : virtual tsunami, run-up height

1. 서론

지난 수십년 동안 지진해일일은 전 세계적으로 심각한 피해를 입혀왔으며, 동해안에서는 1983년 동해 중부 지진해일로 인해 많은 피해를 입었다. 특히 임원항은 동해안의 수심변화에 의해 지진해일이 집중되어 큰 피해를 입었다. 하지만 지진해일의 발생위치가 달라진다면 임원항이 아닌 다른 지역으로 지진해일이 집중되어질 것이다. 동해안에는 지진해일을 유발할 수 있는 단층대가 분포되어 있으며 이 단층대를 따라 발생할 가능성이 있는 가상 지진해일들이 설정되어 있다. 그러므로 이러한 가상 지진해일에 의해 어떠한 지역이 큰 피해를 입을지 예측하는 것은 매우 중요한 일이다.

본 연구에서는 Boussinesq 방정식의 분산항을 대체하는 수치분산항을 실용적으로 생성할 수 있는 기법, 2차 정확도의 upwind 기법 등을 적용하여 수치모형을 구축하였다. 石川(1994)이 제시한 지진 공백역으로부터 산정된 가상지진해일 중 그 크기가 가장 큰 경우에 대해 수치모의를 수행하였으며, 동해안을 따라 최대치로 높이를 예측하였다.

2. 지배방정식

일본 서해 연안부에서 발생하여 우리나라 동해안으로 전파되어 오는 지진해일은 먼 거리를 전파하고, 초기파장이 초기파형의 높이보다 수십배 크므로 분산을 고려하면서 선형장과 해석에 적합한 선형 Boussinesq 방정식을 이용하여 수치모의를 하는 것이 적절하다.

* 한양대학교 토목공학과 · 석사과정 · E-mail : simjuyul@hanyang.ac.kr

** 한양대학교 토목공학과 · 석사과정 · E-mail : civil00@hanyang.ac.kr

*** 정회원 · 한양대학교 토목공학과 · 교수 · 교신저자 · E-mail : ysc59@hanyang.ac.kr

$$\frac{\partial^2 \zeta}{\partial t^2} - gh \left(\frac{\partial^2 \zeta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \zeta}{\partial y^2} \right) = \frac{gh^3}{3} \left(\frac{\partial^4 \zeta}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 \zeta}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 \zeta}{\partial y^4} \right) \quad (1)$$

식 (1)의 우측항을 분산항 이라고 하는데 고차 함수이기 때문에 차분화 하는데 어려움이 따른다. 따라서 본 연구에서는 선형 천수방정식을 지배방정식으로 사용하면서 분산보정기법을 이용하였다. 이 기법은 Boussinesq 방정식의 분산항을 제외한 선형 천수방정식을 지배방정식으로 하면서 수치분산을 이용하여 Boussinesq 방정식의 분산효과를 나타낼 수 있도록 하는 특성을 갖는다. 분산보정기법을 사용하여 선형 천수 방정식을 차분한 후 x 축과 y 축 방향의 체적흐름율을 소거하여 ζ (자유수면변위)에 대해 정리하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 \zeta}{\partial t^2} - C_0^2 \left(\frac{\partial^2 \zeta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \zeta}{\partial y^2} \right) - C_0^2 \frac{(\Delta x)^2}{12} (1 + \alpha - C_r^2) \left(\frac{\partial^4 \zeta}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 \zeta}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 \zeta}{\partial y^4} \right) \\ + (1 + \alpha - \gamma) C_0^2 \frac{(\Delta x)^2}{6} \frac{\partial^4 \zeta}{\partial x^2 \partial y^2} = O((\Delta x)^3, (\Delta x)^2 \Delta t, \Delta x (\Delta t)^2, (\Delta t)^3) \end{aligned} \quad (2)$$

식 (2)의 유도과정에서 $\Delta x = \Delta y$ 가 사용 되었으며, $C_0 (= \sqrt{gh})$ 와 $C_r (= C_0 \Delta t / \Delta x)$ 은 각각 장파의 전파속도와 Courant 수를 나타낸다. 식 (5)를 식 (1)의 선형 Boussinesq 방정식과 같아지도록 분산보정계수 α 와 γ 를 결정하면 다음과 같다.

$$\alpha = \frac{4h^2 + gh(\Delta t)^2 - (\Delta x)^2}{(\Delta x)^2} \quad (3)$$

$$\gamma = \alpha + 1 \quad (4)$$

수심이 변하는 경우, 격자간격과 계산 시간간격 대신 분산 보정계수를 변화시켜서 식 (2)와 식 (1)이 같아지도록 할 수 있다.

3. 수치모의 및 결과

본 연구에서는 石川(1994)이 제시한 지진 공백역 으로부터 선정된 가상지진해일 중 초기파형의 크기가 가장 큰 경우에 대해 수치모의를 수행하였다. 영역은 A, B, C, D영역으로 4개로 나누었으며 각 영역은 1:3의 비율을 갖는 다중격자연결모형을 사용하여 연결하였다. 가장 상세역인 D영역의 격자간격은 2.22 sec(약 180 m)이며, 주변항 에서부터 속초항까지를 포함하고 있다. 표 3.1은 가상지진해일의 매개변수를 나타낸다.

표 3.1 가상지진해일의 매개변수

매개변수	N (°N)	E (°E)	H(km)	θ (°)	δ (°)	λ (°)	L(km)	W(km)	u(cm)
	38.3	138.5	1	23	35	90	140	50	500

그림 3.1은 가상지진해일에 의한 동해안에서의 최대처오름 높이를 나타내었다.

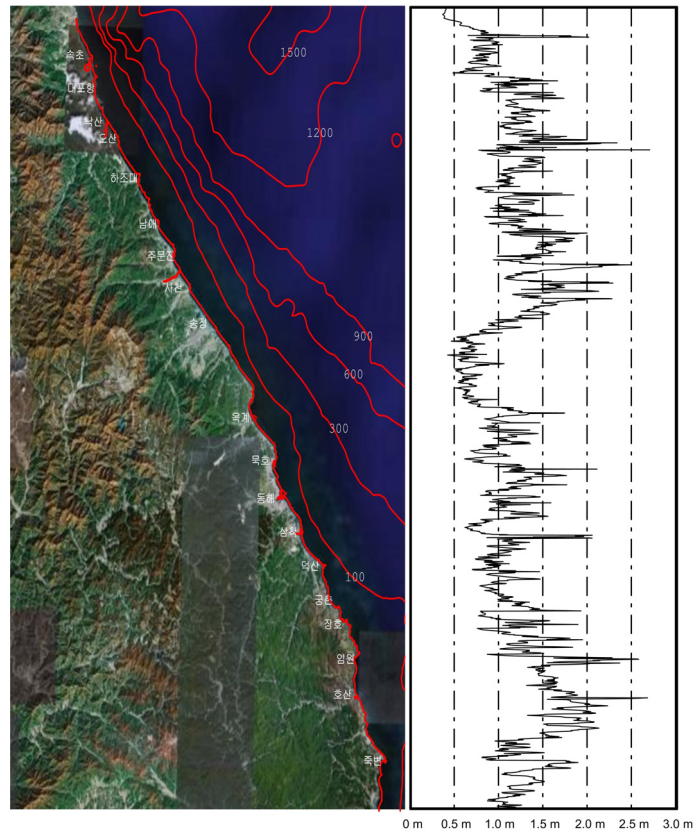


그림 3.1 동해안에서의 최대처오름높이 분포

그림 3.1을 보면 임원, 호산, 죽변 주변과 주문진, 대포항 부근으로 지진해일이 집중되었고 최대처오름 높이는 0.5 ~ 2.5m의 분포를 나타냄을 알 수 있다. 표 3.2에 지역별 최대처오름 높이를 나타내었는데, 격자간격이 커서 정확한 지점을 찾기가 힘들어 각 지역별 위치에서 상·하로 5개점을 평균하여 최대처오름 높이를 계산하였다.

표 3.2 동해안의 각 지역별 최대처오름 높이

위치	죽변	호산	임원	궁촌	삼척	목호	옥계	강릉	주문진	호조대	낙산	속초
최대 처오름높이	1.8	1.8	2.1	1.1	1.7	1.3	1.0	0.6	2.1	1.4	1.2	1.0

4. 결 론

동해에는 지진이 발생할 가능성이 있는 지진 공백역이 분포되어 있다. 여기서 해저지진이 발생한다면 지진해일로 인해 동해안에 많은 피해가 발생할 수도 있다. 그러므로 발생 가능성이 있는 가상지진해일에 대해 동해안에서의 피해를 미리 예측해 본다면 실제 지진이 발생 했을 때 피해를 줄일 수 있을 것이다. 본 연구에서는 石川(1994)이 제안한 공백역 으로부터 선정된 가상지진해일 중 한 가지 경우에 대해 수치모의를 수행하였으며, 동해안을 따라 최대처오름 높이를 예측하였다. 앞으로 발생 가능성이 있는 다양한 가상지진해일에 대해 동해안에서의 최대처오름 높이를 계산해 놓는다면 실제로 그러한 지진이 발생했을 때 좀 더 유연한 대응을 통해 피해를 최소화 할 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 해양수산부 해양과학기술연구개발사업의 연구비 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 石川有三, "殘された空白域, 月刊海洋, 號外7, pp.102-107, 1994.
2. Cho, Yong-Sik and Yoon, S.B. (1998). A modified leap-frog scheme for linear shallow-water equations, *Coastal Engineering Journal* (SCIE), Vol. 40, No. 2, pp. 191-205.
3. Sohn, D.-H., Cho, Yong-Sik, Ha, T.-M. and Kim, S.-M. (2006). Development of practical dispersion-correction scheme for propagation of tsunamis, *Journal of Korean Society of Civil Engineers*, Vol. 26, No. 5B, pp. 551-555.