

내수해역에서의 선박통항과 관련한 쓰나미 재난 경감을 위한 기초연구

김규광* · † 이종우 · 강석진* · 권소현* · 이형하*

*한국해양대학교 대학원, † 한국해양대학교 토목공학과 교수

Basic Study on Tsunami Disaster Mitigation for Ship Navigation in Inland Sea

KyuKwang Kim · † JoongWoo Lee · SugJin Kang* · SoHyun Kwon* · HyungHa Lee**

**Graduate school of National Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea*

† Department of Civil Engineering, National Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

요 약 : 최근 해저지진의 활동에 따른 극한 쓰나미 파랑이 해안도시와 항만에 어마어마한 손상을 가져오고 있다. 전세계에 걸쳐 특정 해역에서는 강한 정진형태의 부진동과 처오름이 관측되고 있다. 한반도에서는 그렇게 빈번한 발생을 나타내고 있지는 않으나, 과거기록을 보면 동해에서 몇 개의 중요한 발생사례도 존재한다. 본 연구에서는 특히 만이나 내수해역에서 최근 해저지진의 발생 추이를 분석하고 이에 따른 쓰나미 발생 메카니즘을 해석하여 새롭게 내수역에서의 수치모델에의 적용을 통해 공진을 통한 쓰나미 파랑의 변환을 다루어 통항선박에 대한 안정성 확보에 기초자료를 제공하고자 하였다. 내수역에서의 쓰나미 파랑에 대한 반응을 정합성 및 웨이블릿 해석으로 탁월 주기와 지속시간에 대한 분석으로 파악하였으며, 쓰나미파의 입사와 독립적인 공진모드의 도출은 쓰나미 재해의 경감을 위한 시설물 및 재난지역을 식별하는데 도움을 주고, 나아가서는 장래 재난에 대한 적절한 대비에 기여할 수 있을 것으로 본다.

핵심용어 : 쓰나미, 내수해역, 공진, 정합, 웨이블릿, 해저지진

1. 서 론

2011년 3월 일본 동해측 쓰나미에 이은 후쿠시마 원자력발전소 사태 이후로 각국에서 원자력발전소의 건설과 유지에 대한 재검토가 시작되었고 국내에서도 동해안에 면한 원자력발전소 부지나 해안역 산업단지에서의 피해에 대한 우려는 물론, 대규모 만이나 항 및 내수해역에서의 공진으로 인한 해수면 진동에 따른 계류 및 통항선박의 안정에 위협은 물론 수산양식 및 어장시설 분야에서 제반활동에의 영향을 미치고 있어서 이에 대한 기초적 연구와 분석기법의 동원으로 공진에 따른 발생기작을 설명할 필요를 가지게 되었다.

2. 쓰나미 모델

본 연구에서 적용하고자 하는 모델의 지배방정식은 근해역 쓰나미를 대상으로 하여 지구규모의 넓이에 이르지 않는 경우에 지구의 곡면이 탁월하지 않은 것으로 하여 직교격자(x, y)를 적용하는 것으로 하였고 다음 (1),(2),(3)의 운동방정식과 연속방정식을 사용하기로 한다.

$$\frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} = -g \frac{\partial \zeta}{\partial x} - \frac{1}{2} \frac{\partial q}{\partial x} - \frac{1}{2D} \frac{\partial}{\partial x} (\zeta - h + \eta) - f \frac{U \sqrt{U^2 + V^2}}{D} \quad (1)$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} + U \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial V}{\partial y} = -g \frac{\partial \zeta}{\partial y} - \frac{1}{2} \frac{\partial q}{\partial y} - \frac{1}{2D} \frac{\partial}{\partial y} (\zeta - h + \eta) - f \frac{V \sqrt{U^2 + V^2}}{D} \quad (2)$$

$$\frac{\partial (\zeta - \eta)}{\partial t} + \frac{\partial (UD)}{\partial x} + \frac{\partial (VD)}{\partial y} = 0 \quad (3)$$

여기서 U, V 는 수심적분 속도성분, g 는 중력가속도, q 는 비정수압, f 는 무차원마찰계수, η 는 해저면의 변화, ζ 는 정수면상에서의 해면변화, h 는 수심이고, $D = \zeta + (h - \eta)$, t 는 시간을 나타낸다. 연속방정식과 수평방향운동방정식의 이유항에 풍상플럭스근사 (upwind flux approximation) 유한차분식에 Grid nesting 기법을 적용하였다 (Yamazaki et al, 2009).

3. 내수해역에서의 반응 특성

구성한 모델은 내수해역이 비교적 광범위하고 쓰나미 발생이 기록상으로 현저한 일본의 난카이해역에서부터 발생한 1854년

Ansei Nankai 지진(Mw8.4)에 대한 Aida fault 모델 (Aida, 1981)을 적용하여 시코쿠 혼슈 및 아와지시마사이의 내해수역에서의 쓰나미 반응 특성을 다루고자 하였으며 이 때 최대쓰나미 반응특성은 Fig.1에 나타난 바와 같다.

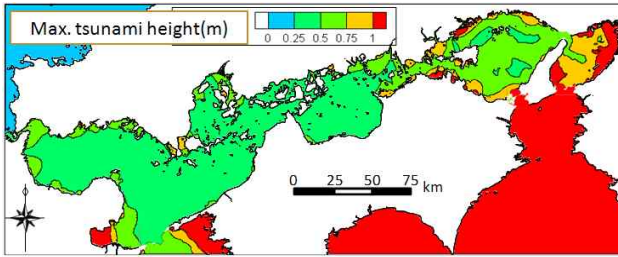


Fig. 1 Maximum tsunami response in Seto inland sea

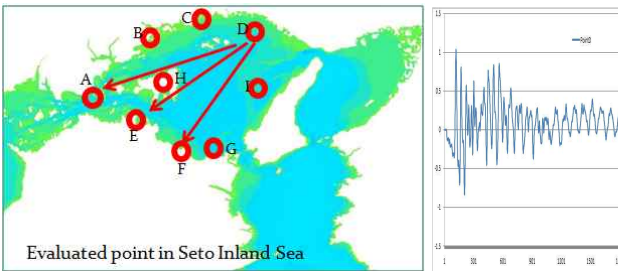


Fig. 2 Evaluation points and wave form at station D

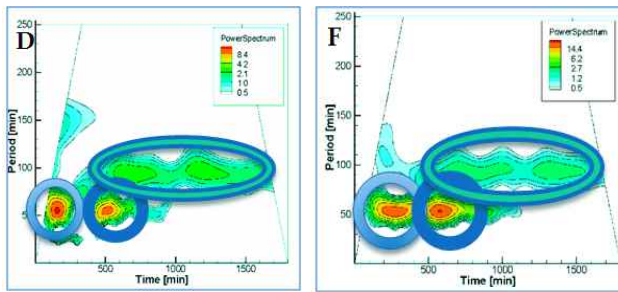


Fig. 3 Variation of wave periods at point D and F

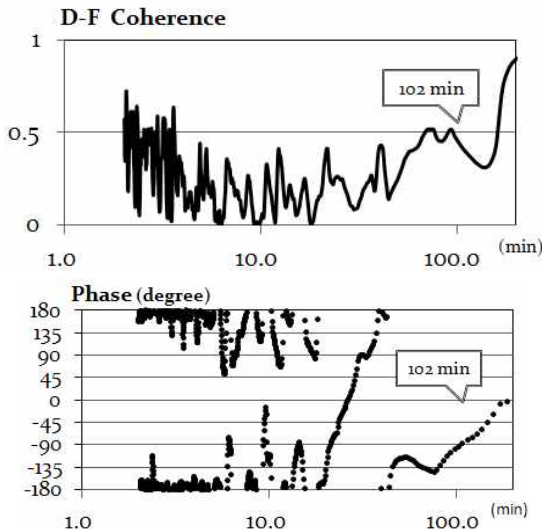


Fig. 4 Coherence analysis for period and phase for D-F

4. 분석 및 토론

세토내수해역으로 진입한 쓰나미파는 해안선에서 Fig.2와 같이 지속적인 수위의 변화를 기록하였다. 내수역에서 기록한 최대파고는 쓰나미 발생 후 10시간 이상에서 기록되었고, 내수해역에서의 공진반응을 분석하기 위하여 하리마나다에서 Fig.2와 같이 9개지점을 선정하여 시계열반응에 대한 스펙트럼분석인 wavelet 분석을 수행하였다. Fig.3은 이들 지점 중 D와 F에서 분석된 주기스펙트럼에 대한 시계열분포를 나타내며 해수면은 700분동안 50분 주기대에서 극치를 나타내다가 이후에는 100분주기의 공진모드가 1,500분까지 기록되어 내수해역에 정진모드가 발생됨을 알 수 있었다. 보다 자세한 분석을 위하여 선택한 지점간의 정합성(Coherence) 분석을 기하였다. 이중 Fig.4는 D-F 지점간에 102분대의 강한 정합성을 나타내며 특히 180°의 위상 차이를 보여서 두 해안선이 정진모드에 있어서 해면의 변화가 커짐을 알 수 있었다.

5. 결 론

최근의 해저지진과 쓰나미는 점차 강도면에서도 커오름의 높이면에서도 현저해지는 경향을 보이고 있다. Grid nesting 기법을 통해 세토 내수해역의 상세한 반응을 분석할 수 있었으며, 쓰나미파는 동서측 좁은 내수수로를 통해 전파되면서 복잡한 지형에 따라 변화를 가져옴과 동시에 내수해역에서 공진현상을 나타내었다. 특히 wavelet 해석을 통해 100분 주기의 쓰나미 공진모드를 찾을 수 있었고 이것이 내수해역에서 수양식 시설 및 선박의 계류나 항행에 문제점을 야기할 수 있음을 나타내어 보였다.

후 기

본 연구는 한국해양대학교 해양에너지전문인력양성사업단의 지원으로 수행된 결과임.

참 고 문 헌

[1] Aida, I. (1981), Numerical Experiments for the Tsunamis Generated off the Coast of the Nankaido district, Bull. Earthq. Res. Inst., Vol.56,, pp. 713~730.
 [2] Yamazaki, Y., Y. Wei, K.F. Cheung, and G.D. Curtis (2006), Forecast of Tsunamis from the Japan-Kuril-Kamchatka Source Region, Natural Hazards, Vol.38, pp.411-435.
 [3] Yamazaki, Y., Z. Kowalik, and K.F. Cheung (2009), Depth-integrated, Non-hydrostatic Model for Wave Breaking and Runup, Int. J. Numer. Methods Fluids, Vol.61, No.5, p.473-497.