

가상 지진해일 시뮬레이션을 통한 최대범람지도 제작에 관한 연구 A Study of Inundation Mapping by Imagination Tsunami Simulation

엄대용¹⁾·윤희천²⁾·박준규³⁾·김민규⁴⁾

Um, Dae Yong·Yoon, Hee Cheon·Park, Joon Kyu·Kim, Min Gyu

¹⁾ 충주대학교 공과대학 토목공학부 조교수(E-mail:dyum@cjnu.ac.kr)

²⁾ 충남대학교 공과대학 토목공학과 조교수(E-mail:hcyoon@cnu.ac.kr)

³⁾ 충남대학교 대학원 토목공학과 박사과정(E-mail:surveyp@cnu.ac.kr)

⁴⁾ 충남대학교 대학원 토목공학과 석사과정(E-mail:surveyk@cnu.ac.kr)

Abstract

In this study, I wished to forecast damage district by tsunami's occurrence. For this, analyzed tsunami that can happen in our country's neighborhood sea area using past data, and established tsunami's scenario by imagination with analysis result. I created 3D topographical model about study area and analyzed inundation area by achieving simulation by scenario. Also, result of simulation does overlay with digital map and manufactured imagination inundation map. This study result may offer as basic data for operation of tsunami's forecast/alarm system and making of disaster prevention policy.

1. 서 론

지진해일(Tsunami)은 주로 해저지진, 해저붕괴, 해저화산 분출 또는 해저핵실험 등 해저지형의 변화에 의하여 순간적으로 수면의 변위를 일으키며, 이로 인해 급격히 증가된 위치에너지는 중력의 복원력에 의해 운동에너지로 변환되어 파랑의 형태로 전파되는 것을 말한다. 지진해일은 수심이 깊은 심해에서는 수심에 비해 파고가 매우 작기 때문에 위협적이지 않으나, 수심이 얕은 해안지역에 도달하면 천수효과에 의해 지진해일의 파고는 증가하고 파장은 감소하여 해안지역에 대규모 범람을 일으키게 됨으로써 막대한 인적·물적 피해를 유발하게 된다.

최근 지구물리학적 측면에서 지각의 활동기에 접어들었다는 지구과학자들의 주장이 대두된 이후 전세계적으로 지진과 지진에 따른 2차적 재해인 지진해일로 인해 수많은 인명과 막대한 재산손실이 발생하고 있다. 우리나라에서도 1983년과 1993년에 파괴적인 지진해일이 발생하여 우리나라의 동해연안에 막대한 재산손실을 입힌바 있으며, 더욱이 1998년 이래로 총 85회 이상의 해저지진이 발생하였고, 지진발생 횟수가 해마다 증가하고 있는 추세(2000년 10회, 2001년 16회, 2002년 21회, 2003년 21회, 2004년 24회, 2005년 24회, 2006년 25회)로서 우리나라 역시 지진에 있어 자유롭지 못함을 인지할 수 있다.

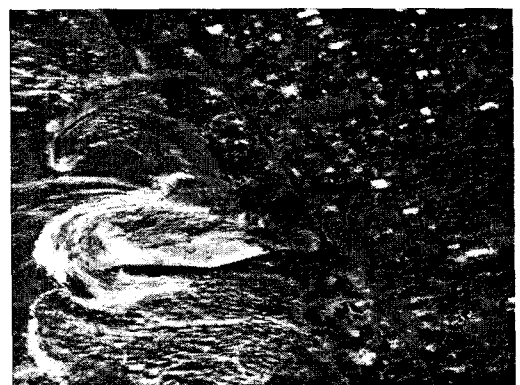


그림 1. 지진해일(Tsunami)(수마트라섬)

이에 본 연구에서는 지진해일의 내습에 따른 피해지역의 예측과 예·경보시스템 및 방재정책의 효율적 운용을 위한 기초자료를 제공하기 위하여 우리나라 인근에서 발생 가능한 지진해일의 특성에 따른 사상별 시나리오를 가상으로 설정하고, 연구대상지에 대한 3차원 지형모델링을 실시하여 시뮬레이션을 통한 3차원 분석을 수행하였다. 분석결과는 수치지형도와 중첩·도시하여 최대범람지도로 작성함으로써 보다 실효성 있는 지진해일 예측 및 방재기술로서 활용 가능성을 제시하고자 하였으며, 더불어 현재 구축중인 연안정보시스템과 지진해일 예·경보시스템과의 연계를 통해 그 효과를 극대화할 수 있는 기반을 마련하고자 하였다.

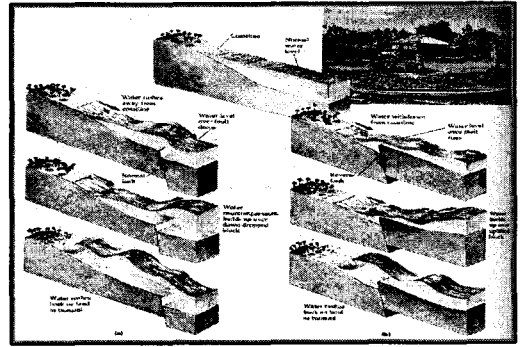


그림 2. 지진해일 발생 모식도

2. 가상지진해일 시나리오 작성 및 해안지형정보 구축

2.1 가상지진해일 시나리오 작성

본 연구의 수행을 위하여 최근(약10년)간 일본 인근 연안에서 발생한 진도 3.0이상의 해상지진의 현황을 조사하고 지진주요발생지역을 추출하였다. 또한 이 중 태평양인근 발생 지진을 제외하고 서부지역에 발생한 지진 중 지진해일을 유발할 수 있는 6.0이상의 지진의 발생지역을 추출하여 비교하고 발생비율이 높은 지역을 가상지진해일 발생지점(일본 서북부)으로 설정하였다. 이 지역은 1983년과 1993년 두 차례에 걸쳐 대규모 지진해일이 발생하였고 동해연안에 지진해일이 엄습하여 많은 피해를 발생시킨 바 있다. 그리고 설정한 지점에서 지진해일 발생을 가상으로 모의하여 우리나라 연안에 도달하는 지진해일의 최대 범람고를 분석하였다. 우리나라에서 발생한 1983년과 1993년의 지진해일은 진도 7.7과 진도 7.8의 해저지진으로 인해 발생하였으며, 목호항에서 최대파고 2.0m, 동해에서 2.7m를 나타냈다. 그러므로 이에 준하는 진도 7.0이상의 해저지진 발생을 모의하여 가능 최대범람고를 산정하였다. 이에 과거의 피해사례와 소방방재청에서 제시하고 있는 가능해일높이를 토대로 가능 최대 범람고를 3m로 설정하여 연구를 수행하였다.

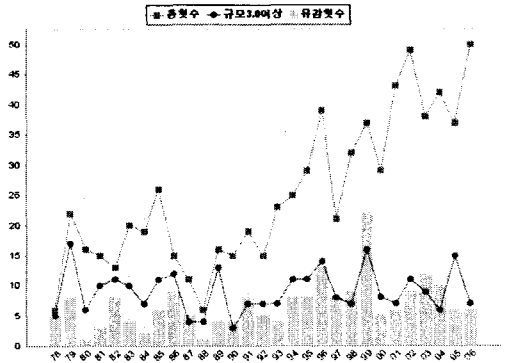


그림 3. 한반도 인근 지진발생 통계자료(1978~2006)

표 1. 우리나라 지진해일 발생현황(1900년 이후)

발생일시	지진발생지점	지진해일높이	피해지역	인명피해	재산피해
1940년 8월 2일	일본 홋카이도 외해(규모 7.5)	약 2m	삼척, 울진, 울릉도 등 동해지역	-	가옥피해 56동 어선피해 6척
1964년 6월 16일	일본 니이가타 외해(규모 7.5)	부산 0.32m, 울산 0.39m	-	-	-
1983년 5월 26일	일본 아키타현 외해(규모 7.7)	울릉도 0.8-1.3m, 목호 1.5-2m 속초1.23-1.56m, 포항0.52-0.62m	울릉도, 삼척, 울진 동해지역	3명 (사망+실종)	가옥피해 44동 어선피해 81척 (피해액 약 4억원)
1993년 7월 12일	일본 홋카이도 오키시리섬 외해(규모 7.7)	울릉도0.89-1.19m, 속초1.3-2.03m 동해 2.13-2.76m, 포항 0.76-0.92m	울릉도, 삼척 동해지역	-	어선피해 35척 어망 3000여동 (피해액 약 4억원)
2005년 3월 20일	일본 후쿠오카 북서쪽 해역(규모7.0)	-	-	-	-

2.2 3차원 해안지형정보 구축

모의된 가상 지진해일에 의한 피해지역의 예측 및 분석을 수행하기 위해 옥계면 일원을 연구대상지

(그림 4, 5)로 선정하고 대상지역의 수치지형도(1:5,000)와 현황측량 성과를 이용하여 해안지형정보를 구축하였다. 작성한 해안지형정보는 연안에 위치한 공장, 도로 및 가옥 등 각종 시설물에 관련된 정보는 설정하지 않았으며, 더불어 시설물로 인한 지진해일의 진입의 영향은 없다고 가정하였다. 그리고 해일시

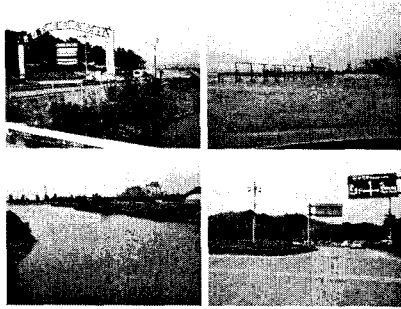


그림 4. 연구대상지(옥계일원) 전경

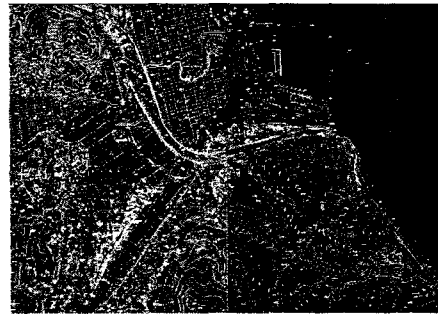


그림 5. 연구대상지 수치지형도

해수면의 높이에 따른 시뮬레이션을 통해 연안 지역의 침수 및 범람지역을 가시적으로 확인할 수 있도록 하기 위하여 높이정보를 정확히 표현할 수 있는 정밀 DEM을 생성하고 이를 이용하여 연구대상지에 대한 3차원 모델링을 실시함으로써 그림 6과 같이 대상지에 대한 3차원 지형모델을 구축하였다.

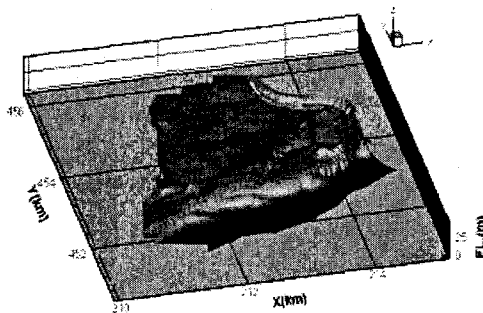


그림 6. 3차원 지형모델

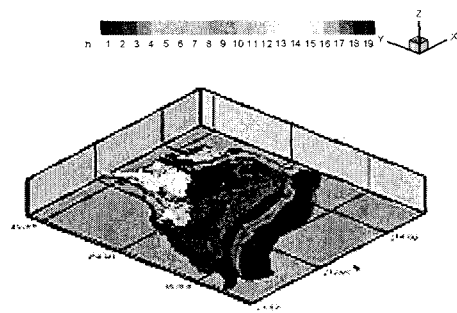


그림 7. 가상 지진해일 시뮬레이션

구축한 정밀 3차원 지형모델에 설정한 가능 최대범람고 3m를 적용하여 시뮬레이션을 실시하였다. 시뮬레이션은 GIS Tool인 ArcGIS를 이용하였으며, 시뮬레이션 결과는 실제 지형에서의 피해지역을 보다 명확히 도출하고 지진해일에 의한 최대범람지도를 작성하기 위하여 수치지형도와 중첩하여 분석을 실시하고 침수피해지역을 예측하였다. 그림 7은 지형을 3차원으로 구축하고 이에 가상 지진해일을 모의하여 범람피해지역을 시뮬레이션 한 결과를 나타낸 것이다. 분석 결과, 해안가에 분포하고 있는 백사장은 대부분 침수피해가 발생하였고, 연구대상지 내부를 지나는 대하천 및 소하천에서는 해수의 역류현상이 크게 발생하여 내륙의 상당지역까지 해수의 침투가 발생할 것으로 예측할 수 있었다.

2.3 최대범람지도 시범제작

지진해일 예측기술을 포함한 관련 연구에서 보다 앞선 기술을 보유하고 있는 미국과 일본은 지진해일 규모별로 예상피해지역에 대한 최대범람지도 또는 지진해일재해지도 등을 제작하여 DB화하고 이를 예경보 시스템과 연동하여 지진해일의 발생에 대비하고 있다. 이는 평상시 피해예상지역에 거주하는 해당 지역주민들로 하여금 지진해일 발생시 위험지역임을 사전에 주지시키고 안전지대 및 대피경로를 확인할 수 있도록 한다. 또한 지진해일 예경보를 발령시 규모별 범람예상지역을 빠르게 판단하여 가능한 방재 대책을 이 지역에 집중시킴으로써 피해를 최소화할 목적으로 활용되고 있다.

본 연구에서는 시뮬레이션에 의해 예측된 범람피해지역에 대해 최대범람지도(그림 8)를 시범적으로 제작하였다. 최대범람지도는 연구대상지의 수치지형도를 기본도(Base Map)로 하고 가능 최대범람고에 따른 시뮬레이션 결과를 중첩하여 최대범람지역 경계를 확정하는 방법을 택하였으며, 지진해일의 내습으로 인한 1차적인 침수피해지역과 하천의 범람으로 인한 2차적인 범람피해지역을 구분하여 표현하였다.



그림 8. 가상최대범람지도

시범 제작된 최대범람지도를 통하여 연구대상지역에 대한 피해지역을 도출하였다. 우선 해안선에 접하고 있는 백사장의 경우 전체적으로 해일의 침수피해가 발생할 것으로 분석되었다. 그리고 연구대상지의 대부분의 비율을 차지하고 있는 농경지의 경우, 해안가에 길게 위치한 숲이 지진해일의 진행을 방해하고 이 지역의 지반고가 지진해일의 설정 파고에 비해 높으므로 직접적인 피해는 발생하지 않을 것으로 예상되나, 해안가에 접한 하천의 무제부에서 역류현상이 발생하여 이로 인한 2차적인 범람이 발생할 것으로 예측되어 농경지 상당부가 범람피해지역이 될 것으로 예측되었다. 그러나 내륙부에서는 제방이 축조되어 있으며, 그 제방고가 지진해일의 가능 최대범람고에 비해 많은 여유를 가짐에 따라 범람의 위험은 발생하지 않는 것으로 나타나고 있다. 그리고 연구대상지의 3차원 지형모델의 구축과 지진해일의 시뮬레이션 과정에 연안에 위치한 공장, 도로 및 가옥 등 각종 시설물에 관련된 정보는 설정하지 않았으나, 수치지도와 중첩결과를 토대로 침수가능 시설물에 대한 정보를 추출하였다. 단, 시뮬레이션과정에서 이들 시설물로 인한 지진해일의 방해요인은 없었다고 설정하였다. 우선 주택 가옥이 밀집한 옥계면의 경우 지반고와 제방고에 여유가 있으며, 해안으로부터 상당 거리 이격되어 있어 큰 영향은 없을 것으로 예측되었다. 다만, 해안가에 인접한 가옥과 공장 등 시설물에서는 일부 침수피해가 발생할 것으로 예측되었다.

3. 결 론

본 연구에서는 지진해일의 내습에 따른 피해지역을 예측하기 위하여 우리나라 인근에서 발생 가능한 지진해일을 가상으로 설정하고 대상 해안지형에 대한 3차원 지형모델을 제작하여 시뮬레이션을 통한 3차원 분석을 수행하였다. 또한 시뮬레이션 결과를 수치지형도에 중첩하여 침수 및 범람 경계를 도시함으로써 최대범람지도를 시범적으로 제작하였다. 이를 통해 피해 발생 후 범람 흔적조사에 의존하여 피해지역을 설정하는 기존의 방법을 탈피하고, 사전에 피해 발생지역을 예측함으로써 보다 실효성 있는 지진해일 예측 및 방재기술로서 활용 가능할 것으로 판단된다. 또한 본 연구의 성과는 현재 구축중인 연안정보시스템 및 지진해일 예경보시스템과의 연계를 통해 방재시스템의 효과를 극대화하는데 기여할 수 있을 것이다.

참고문헌

- 국립방재연구소 (1999), 동해안에서의 지진해일 피해저감을 위한 연구, 연구보고서, NIDP-99-07, 국립방재연구소, pp.207.
- 기상연구소 (2002), 지진예지 및 지진해일 예측기술 개발, 연구보고서, 기상연구소, pp.150-211.
- 이호준, Imamura, F. and Shuto, N. (1999), 동해에서의 쓰나미 거동특성, 대한토목학회논문집, 제19권, 제2-3호, pp.401-409.
- 최병호 (1995), 동해안 쓰나미 예경보체계의 수립의 필요성, 대한토목학회논문집, 제43권, 제8호, pp.26-33.
- 안희수, 오임상, 이승연, 추교승 (1998), 동해에서 발생한 해저지진과 지진해일의 자료조사 연구, 한국지구과학회지, 제14권 제1호.
- Choi, B. H, et al. (2002b), *Distribution Functions of Tsunami Wave Heights*, Natural Hazards, Vol.25, No.1, pp.1-21.
- Curtis, G D, Kaverina, A (1999), *Evaluation of tsunami risk for mitigation and warning*, Sci. Tsunami Hazards, Vol.17, pp.187-192.
- 국가지진정보시스템(http://www.kmaneis.go.kr/depth05/depth05_0.htm)
- 일본기상청(<http://www.jma.go.jp/jp/tsunami/>)
- U.S. Geological Survey(<http://www.usgs.gov/>)