

# 가상 지진해일 시나리오에 의한 피해지역 예측에 관한 연구

엄대용<sup>1\*</sup>

## A Study of Damage District Forecast by Imaginary Tsunami Scenario

Dae-Yong UM<sup>1\*</sup>

### 요 약

본 연구에서는 지진해일의 내습에 따른 피해지역을 예측하고자 인근연안에서 발생한 지진해일에 대한 통계자료 및 관련 연구 자료를 이용하여 가상적인 지진해일 발생 시나리오를 작성하고, 연구대상지에 대한 지형모델링을 실시하여 이를 시뮬레이션 함으로써 가상지진해일에 의한 피해지역을 3차원으로 분석하였다. 또한 시나리오별 시뮬레이션 결과를 수치지도와 중첩하여 최대범람지도를 시범적으로 작성하였다. 연구의 결과는 지진해일 예·경보시스템의 효과적 운용과 국가 및 지역단위의 방재정책의 수립을 위한 기반기술로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

주요어 : 지진해일, 가상시나리오, GIS분석, 3차원 시뮬레이션, 범람지도

### ABSTRACT

In this study, we wished to forecast the damage district by tsunami's occurrence. For this, we analyzed tsunami that can happen in our country's neighborhood coast using past data, and established tsunami's scenario by imagination with analysis result. we created a 3D topographical model about study area and analyzed an inundation area by achieving simulation by scenario. Also, we produced an imaginary inundation map by overlaying the simulation results on digital map. This study result might be utilized as infra-technology for operation of tsunami's forecast/alarm system and establishment of disaster prevention policy.

**KEYWORDS** : *Tsunami, Imaginary Scenario, GIS Analysis, 3D Simulation, Inundation Map*

### 서 론

#### 1. 연구목적 및 내용

지진해일(Tsunami)은 주로 해저지진, 해저붕괴, 해저화산분출 또는 해저핵실험 등 해저지형

의 변화로 인하여 순간적으로 발생한 수면의 변위로 인해 급격히 증가된 위치에너지가 중력의 복원력에 의해 운동에너지로 변환되어 파랑의 형태로 전파되는 것을 말한다(그림 1).

발생초기의 지진해일의 선단파는 대략 수십-

2008년 1월 29일 접수 Received on January 29, 2008 / 2008년 3월 28일 심사완료 Accepted on March 28, 2008

1 충주대학교 토목공학과 Department of Civil Engineering, Chungju National University

\* 연락처 E-mail : dyum@cjnu.ac.kr

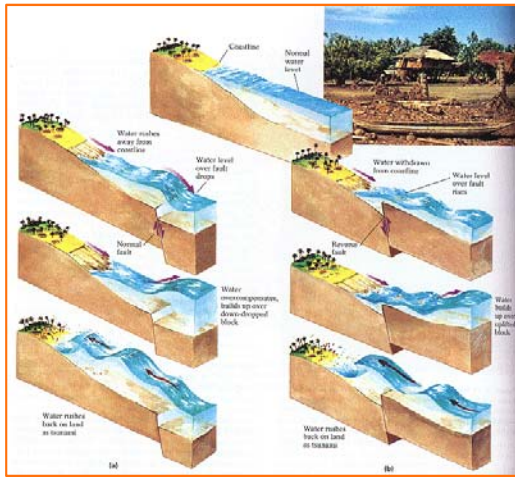


FIGURE 1. 지진해일 발생모식도

수백km의 장파(long wave)를 형성하며,  $\sqrt{gh}$ 의 속도로 전파된다. 지진해일은 수심이 깊은 심해에서는 수심에 비해 파고가 매우 작기 때문에 위협적이지 않으나, 수심이 얇은 해안지역에 도달하면 천수효과(shoaling effects)에 의해 지진해일의 파고는 증가하고 파장은 감소하여 해안지역에 대규모 침수 및 범람을 일으키게 됨으로써 막대한 인적·물적 피해를 유발하게 된다.

최근 들어 지구물리학적 측면에서 지각의 활동기에 접어들었다는 지질학자 및 지구과학자

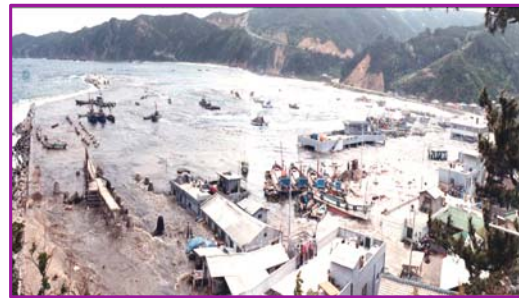


FIGURE 2. 임원항의 지진해일 피해(지진해일 높이:359cm)

들의 주장이 대두된 이후 세계 각 곳에서 크고 작은 지진과 지진해일로 인한 막대한 피해가 속출하고 있다. 우리나라에서도 1983년과 1993년에 두 번의 파괴적인 지진해일이 발생하여 우리나라의 동해연안과 일본서부연안에 수많은 인명피해와 막대한 재산손실을 입힌 바 있다(그림 2, 표 1).

또한 기상청 지진연보자료(기상청, 2006)에 따르면 우리나라 근해에서는 최근 해저지진이 자주 발생하고 있으며, 그 횟수도 매년 증가하고 있는 것으로 보고되고 있어 우리나라 역시 지진해일에서 자유롭지 못함을 인지할 수 있다(2000년 10회, 2001년 16회, 2002년 21회, 2003년 21회, 2004년 24회, 2005년 24회, 2006년 25회)(그림 3).

TABLE 1. 우리나라 지진해일 발생현황(1900년 이후)

발생일시	지진발생지점	지진해일높이	피해지역	인명피해	재산피해
1940. 8. 2.	일본 홋카이도, 외해(규모 7.5)	약 2m	삼척, 울진, 울릉도 등 동해지역	-	가옥피해 56동 어선피해 6척
1964. 6. 16.	일본 니이가타, 외해(규모 7.5)	부산 0.32m, 울산 0.39m	-	-	-
1983. 5. 26.	일본 아키타현, 외해 (규모 7.7)	울릉도 0.8~1.3m, 묵호 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)
1993. 7. 12.	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 3000여통 (피해액 약 4억원)
2005. 3. 20.	일본 후쿠오카 북서쪽 해역(규모 7.0)	-	-	-	-

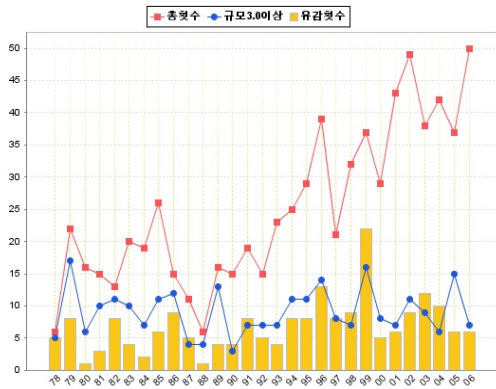


FIGURE 3. 한반도 인근 지진발생 통계자료 (1978~2006)

이와 같은 지진해일의 피해를 예방하는 가장 효과적인 방법은 지진해일에 의한 피해가 예상되는 해안선을 따라 예상범람구역을 설정하여 이를 토대로 경보체계를 구축한 후, 실제 지진해일의 엄습이 예상될 때 범람구역으로부터 재빨리 주민을 대피시키는 것이다. 이를 위해서는 우선 지진해일의 발생위치와 규모 및 파원형상을 미리 예측하는 한편, 정도 높은 3차원 해안지형정보를 구축하여 발생 가능한 지진해일에 대한 모의실험을 수행하고, 이를 근거로 최대범람지도 또는 재해 지도를 작성하여 DB화합과 동시에 해안선을 따라 지진해일 안전지역을 설정하는 것이 필수적이다.

본 연구에서는 지진해일의 내용을 가상하여 일본 서해안 지진대에서 지진해일 발생시 가장 큰 피해가 예상되는 동해연안 중 일부지역을 샘플링하여 정밀한 3차원 해안지형모델을 구축하는 한편, 한국과 일본의 지진해일 발생 DB자료를 분석하여 동해연안에 발생 가능한 지진해일의 규모에 대한 가상 지진해일 발생 시나리오를 작성하였다. 그리고 이러한 시나리오를 3차원 지형모델을 기반으로 각 사상별 시뮬레이션을 수행하였다. 분석결과는 수치지형도와 중첩·분석함으로써 지진해일의 발생에 따른 피해예상지역을 예측함과 동시에 최대범람지도를 시범적으로 제작하고자 하였다. 이러한 연구결과로

부터 보다 실효성 있는 지진해일 예측 및 방재를 위한 기반기술로서 활용 가능성을 제시하고자 하였으며, 더불어 현재 구축중인 연안정보시스템과 지진해일 예·경보시스템과의 연계를 통해 그 효과를 극대화할 수 있는 기반을 마련하고자 하였다. 그림 4는 본 연구의 내용과 연구수행 절차를 정리한 것이다.

**가상지진해일 시나리오개괄**

- 일본인근연안 해상지진(진도3.0이상) 조사
- 주요지진발생지역 추출
- 일본서부지역 지진 중 M6.0 진원깊이 60km이내의 해저지진 발생지역 추출
- 동해연안에 도달한 지진해일의 최대범람고 분석 / 가능해일고산정(1983, 1993년 지진해일 자료분석)
- 3차원 지형모델 구축/시뮬레이션 분석 계획수립

**연구대상지 선정/3차원 지형정보구축**

- 연구대상지:옥계해수욕장 일원
- 참조:수치지형도, 현상측량자료
- 3차원 지형모델 구축 (DTM, DEM, 3D Scene)
- (Coverage : 하천, 해안선, 도로, 시설물)

**시뮬레이션 분석**

- 모의 지진해일 최대범람고 CASE설정 (1,2,3,5m)
- CASE별 가상시뮬레이션 분석
- CASE별 침수/범람지역 추출 및 분석

**최대범람지도 시범제작/피해지역 예측**

- 시뮬레이션결과+주제별 커버리지 중첩분석
- 최대범람지도 시범제작/피해지역예측

FIGURE 4. 연구흐름도

**2. 관련 연구동향**

지진해일이 자주 발생하는 미국과 일본 등의 나라에서는 이미 지진해일에 대한 종합적인 연구가 활발히 수행되었으며, 이를 바탕으로 지진해일에 대한 예·경보시스템을 비롯한 각종 재해대책을 수립하고 다양한 교육프로그램을 개발하여 이에 적극적으로 대처하고 있다. 그러나 우리나라의 경우, 1983년 동해중부 지진해일 전까지는 지진해일에 대한 전문적인 연구는 전무한 상태였다. 지진해일에 대한 본격적인 연구는 1991년 한국전력기술주식회사와 Cornell대학교

가 공동으로 고리 및 월성 원자력 발전소의 지진해일 영향을 검토하기 위해 지진해일 전파 유한요소모형을 개발하면서 본격화되었다(Liu 등, 1991). 이후 최병호와 이호준은 1992년과 1993년에 걸쳐 1983년에 발생한 동해 중부 지진해일을 산정하기 위한 연구를 수행하였으며, 특히 우리나라의 최대 피해지역인 임원항에 대해 범람모형을 적용시켜 지진해일에 의한 범람을 모의하였다(최병호와 이호준, 1993). 그리고 Liu 등은 고화질의 그래픽 컴퓨터와 영상장치를 이용한 지진해일의 전파 및 이에 부수되는 초오름 과정의 3차원 영상화에 관하여 연구하였으며(Liu 등, 1994), 이호준과 추교승은 동해에서의 지진해일 전파특성을 파악하고 과거의 지진해일을 비롯하여 미래에 발생 가능한 지진해일에 대한 수치실험을 통하여 동해안에서의 지진해일 위험도를 평가하였다(이호준과 추교승, 1998). 한편 최병호는 현재 우리나라의 해안재해경감 대책이 미흡함을 지적하고 해안재해에 적극적으로 대처하기 위한 방안을 연구하였다(최병호, 1995). 특히, 미국과 일본의 해안재해 대처방안을 검토하여 우리나라 실정에 맞는 접근방법에 의한 국제 사회의 요구에 부응하는 해안재해 대책수립의 필요성을 강력히 제기한바 있다. 그리고 기상연구소는 “지진예지 및 지진해일 예측기술 개발”에 관한 연구를 통해 지진해일로 인한 피해를 경감하기 위하여 지진해일유발 지진을 탐지할 수 있는 시스템을 구축하고 지진해일을 예측할 수 있는 시스템을 개발하기 위한 연구를 수행한바 있으며, 이 연구의 일환으로 지진해일 범람지도 작성을 위한 기초연구가 수행된 바 있다(기상연구소, 2002). 이밖에 많은 연구자들이 지진해일에 대한 연구를 진행하였으나 대부분의 연구는 전반적으로 지진해일의 발생과 거동 특성 그리고 해양 전파와 초오름 현상 등과 관련된 물리적 현상을 중심으로 한 연구였다.

이에 반해 발생 가능한 지진해일의 시뮬레이션과 피해지역의 예측, 최대범람지도 또는 범람 피해지도의 작성 및 예·경보시스템의 개선을

위한 보다 구체적인 연구는 매우 미진한 상태라 할 수 있다. 이와 관련된 연구사례로 국립방재연구소와 기상연구소에서 지진해일의 예측기술 개발과 재해저감을 위한 기초연구를 수행한 사례를 찾을 수 있다. 이 연구는 그동안의 기초연구를 기반으로 하여 지진해일의 예측기술을 확보하기 위한 보다 발전적인 기초연구로 평가되고 있다(국립방재연구소, 1999; 기상연구소, 2002). 그러나 과거 동해안에서 발생한 지진해일을 현지조사와 문헌조사 그리고 수치해석에 의한 재현을 통해 향후 발생 가능한 지진해일을 예측하는데 초점이 맞춰져 연구가 진행됨으로써 지진해일 발생에 따른 피해지역의 예측과 이를 기반으로 한 방재시스템 구축 등과 같은 실용적인 기술 확보라는 과제는 여전히 남아 있다. 이러한 한계를 극복하고 한차원 높은 지진해일에 대한 연구가 진행되기 위해서는 발생 가능한 지진해일을 정확히 예측함과 동시에 피해 예상지역에 대한 정밀 3차원 지형모델을 구축하여 발생 가능한 지진해일을 시뮬레이션 함으로써 범람피해지역을 정확히 예측할 수 있는 연구가 진행되고 조사 및 분석방법의 첨단화를 실현하여 정도 높은 분석과 예측기술의 확보가 시급한 실정이다.

## 가상지진해일 시나리오 작성 및 해안지형정보 구축

### 1. 가상지진해일 시나리오 작성

본 연구의 수행을 위하여 최근 10년간 일본 인근연안에서 발생한 진도 3.0이상의 해상지진의 현황을 조사하고 지진주요발생지역을 추출하였다. 또한 이 중 태평양인근 발생 지진을 제외하고 일본 서부지역에 발생한 지진 중 지진해일을 발생시킬 수 있는 리히터규모 6.0이상, 진원깊이 60km 이내 해저지진의 발생지역을 추출하여 비교하였다. 그리고 이들 조건을 만족시킬 확률이 높은 일본 서북부 지역을 가상지진해일 발생지점으로 설정하였다. 이 지역에서는 1983

년과 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 최대지진해일고를 분석하였다. 우리나라에서 발생한 1983년과 1993년의 지진해일은 진도 7.7과 진도 7.8의 해저지진으로 인해 발생하였으며, 묵호항에서 최대과고 2.0m, 동해에서 2.7m를 나타냈다. 그림 5는 1983년 지진해일을  $\Delta x = 123.3m$  격자로 동해안에서의 처오름 높이를 모의한 것으로, 임원부근에서 가장 높은 4.2m의 처오름 높이가 나타나고, 장호 2.7m, 부구 2.6m, 읍남은 2.3m의 처오름 높이가 나타나고 있다(김재홍과 조용식, 2005).

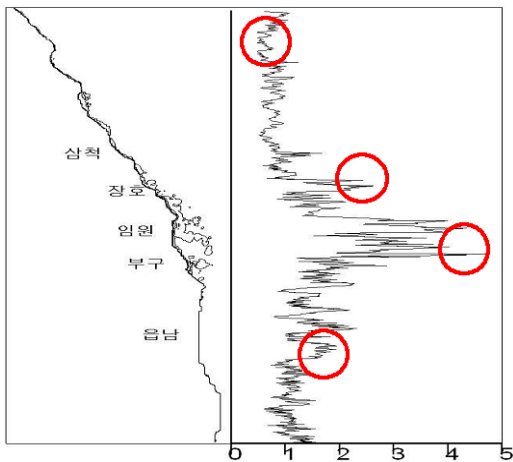


FIGURE 5. 동해안의 처오름 높이(단위:m)  
(김재홍과 조용식, 2005)

이와 같은 방법으로 일본의 중심부인 아키타현, 사카다시 앞바다에 분포하고 있는 광역의 지진공백역(Seismic Gap)으로부터 가상지진이 발생한 것을 모의하여 컴퓨터 시뮬레이션을 한 결과, 우리나라 동해안에는 평균 3m, 최고 5m 이상의 해일이 내습할 것으로 산출되었다. 이에 과거의 피해사례와 지진공백역의 가상지진해일 발생 시뮬레이션 결과 그리고 소방방재청에서

제시하고 있는 자료를 토대로 가능 최대 해일높이를 추정하였다. 추정 조건으로는 진도 8.0이상의 해저지진 발생을 모의할 때 가능 최대해일고는 5m로 설정하는 것이 타당할 것으로 판단되며, 이 높이를 이용하여 가상지진해일의 시물레이션을 위한 상정지진해일고로 설정하여 연구를 수행하였다.

### 2. 3차원 해안지형정보 구축

모의된 지진해일에 의한 피해지역의 예측 및 분석을 수행하기 위해 옥계면 일원을 연구대상지(그림 6)로 선정하였다. 이 지역은 1983년과 1993년 지진해일 당시에도 상당한 피해가 발생한 지역으로 조사되고 있다. 또한 해수면과 인



FIGURE 6. 연구대상지(옥계일원) 전경

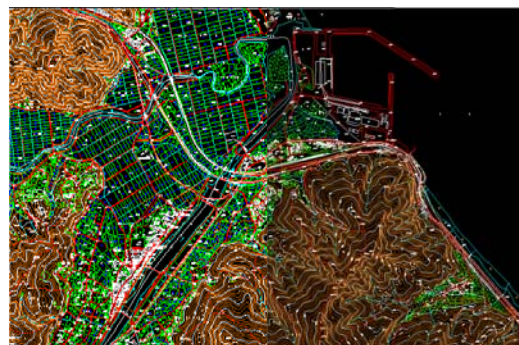


FIGURE 7. 연구대상지 수치지형도



TABLE 2. 대상지역 수치지형도 현황  
(scale 1:5,000)

도엽번호	도엽명	도엽번호	도엽명
37905041	목호041	37905053	목호053
37905042	목호042	37905061	목호061
37905043	목호043	37905062	목호062
37905051	목호051	37905063	목호063
37905052	목호052	37905064	목호064

근 지형의 표고차가 5m이내로서 지진해일 발생 시 상당한 영역에 걸쳐 침수피해가 예상되며 더불어 하천의 역류현상에 의한 범람피해도 우려되는 지역이다. 연구대상지로 설정한 옥계해수욕장 인근지역에 대한 수치지형도(그림 7, 표 2)를 확보하는 한편, 연구대상지내 범람예상지역에 대하여 항공사진(촬영년도:2005, 축척:1:20,000)을 도화한 성과와 현황측량 성과를 이용하여 수치지형도를 보완함으로써 해안지형자료를 구축하였다.

각종 해양지형정보 중 육상부에서 지진해일 고에 따른 침수구역의 모델링을 위해서는 정확도 높은 수치표고모델(DEM)이 절대적으로 필요하게 된다(권오준과 김계현, 2006). 따라서 본 연구에서는 그림 8의 과정에 의해 수치지형도를 이용하여 DEM(1m)를 제작하였으며, 일부 지역의 경우 항공사진으로부터 직접 제작하여 편집·보완하였다. 표고레이어는 각 도엽별 DXF 파일을 읽어 들여 레이어 코드가 등고선, 표고 점에 해당하는 레이어를 추출하고 이를 커버리지 파일로 변환한 후 도면 접합하여 구축하였으며, 추출된 표고자료를 이용하여 불규칙삼각망(TIN)(그림 9)과 격자형그리드(DEM)(그림 10)을 제작하였다(박찬수 등, 2007). 그리고 구축한 3차원 지형모델을 이용한 지진해일의 시뮬레이션 결과를 피해지역의 추출에 이용하기 위하여 표 3의 분류에 의해 하천/해안선, 도로, 시설물 등 관련되는 형상(features)에 대해서도 상기한 과정을 통하여 각각 커버리지를 구축하였다. 단,

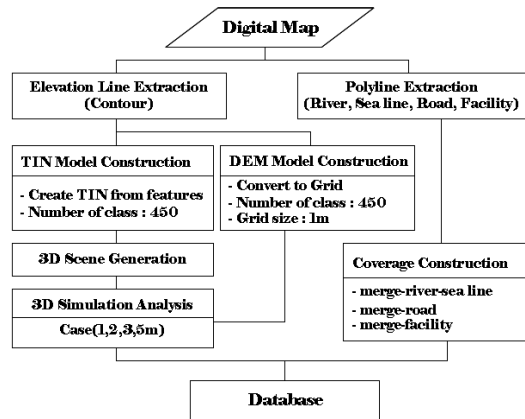


FIGURE 8. 3차원지형모델 구축 및 시뮬레이션 과정

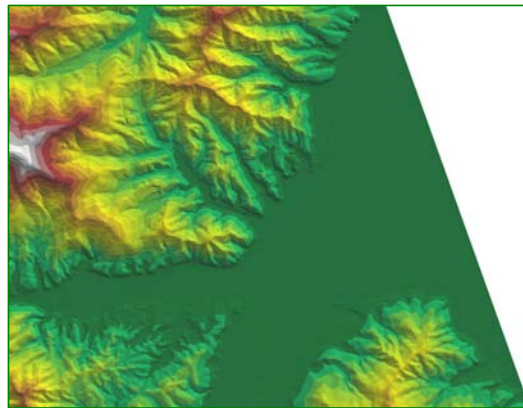


FIGURE 9. 불규칙삼각망(TIN) 생성

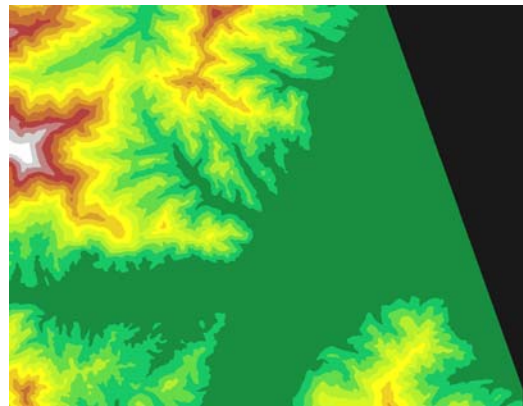


FIGURE 10. 수치표고모델(DEM) 생성

TABLE 3. 커버리지 구축

Classification	Coverage Name	Layer
지형	merge-contour	7111, 7114 2111, 2112
하천/해안선	merge-river-sealine	2121, 2211 2212, 2221 2231, 2232
도로	merge-road	3111, 3112 3113, 3117,
시설물	merge-facility	4111, 4112 4121

DEM의 생성과정에서는 연안에 위치한 공장, 도로 및 가옥 등 각종 시설물에 관련된 정보는 설정하지 않았으며, DEM에서 제외된 각종 시설물들에 대한 정보는 수치지형도와와의 중첩을 통해 수치지형도에 포함된 정보를 이용하여 분석할 수 있도록 하였다.

또한, 모의한 지진해일의 시뮬레이션시 해수면의 높이 변화에 따른 연안 지역의 침수 및 범람지역을 가시적으로 확인할 수 있도록 하기 위하여 TIN과 DEM을 이용한 3차원 모델링을 실시함으로써 그림 11과 같이 연구대상지에 대한 3차원 지형모델을 구축하였다.

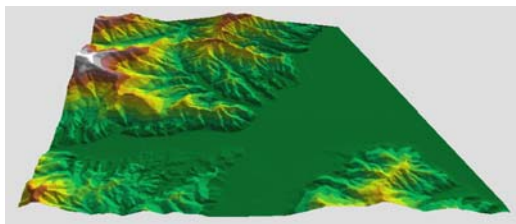


FIGURE 11. 3차원지형모델 구축

## 가상지진해일 시뮬레이션 및 범람피해지역 예측

### 1. 가상시나리오별(지진해일고별) 시뮬레이션

구축한 연구대상지의 정밀 3차원 지형모델에

동해연안에서 발생가능한 지진해일고를 1~5m 범위로 설정하여 가상지진해일의 발생을 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션은 구축한 3차원 지형모델(TIN)을 베이스로 하고, 상정지진해일고와 지형모델의 표고데이터와 직접 비교하여 상정지진해일고보다 낮은 표고의 지형은 침수 또는 범람의 피해가 발생하는 것으로 설정하였다 (김석규 등, 2006). 이 때, 해안과 해안인근에 위치한 시설물로 인하여 모의된 지진해일의 진입에 영향이 없다는 가정을 설정하여 수행하였다. 시뮬레이션의 처리는 GIS software ArcGIS 9.0을 이용하였다. 그림 12~15는 본 연구에서 모의한 상정지진해일고 1m, 2m, 3m, 5m에 대한 3차원 시뮬레이션 결과를 나타낸 것이다. 각 상정지진해일고별 시뮬레이션은 지진해일의 내습에 따른 침수 및 범람을 모의한 것으로 해안지역의 경우 침수피해를 위주로 시뮬레이션 되었으며, 범람피해의 경우 지진해일의 내습에 따른 최대피해를 예측하기 위하여 무제부 지역을 통한 범람과 유제부에서의 제방 붕괴를 가정한 범람이 발생한 것을 가정하였다. 각 상정지진해일고별 시뮬레이션 결과, 1~5m고의 지진해일이 내습하였을 경우, 각 규모별 침수 및 범람 피해의 범위에 다소 차이가 발생하고는 있으나 연구대상지 전역에 침수 및 범람 피해가 발생할 것으로 예측되었다. 그림 12는 1m고의 지진해일 발생에 따른 시뮬레이션 결과로서 해안 백사장 전체와 백사장과 접한 소나무 숲 및 가옥의 일부에 침수피해가 발생하고 무제부로부터 유입된 해수로 인해 농경지의 대부분에서 범람피해가 발생할 것으로 예측된다. 2m고의 지진해일의 내습하였을 경우인 그림 13에서는 백사장의 대부분이 침수가 발생하게 되고 하천에 역류현상이 나타날 것으로 예상되며 해안가에 위치한 대부분의 건물에 침수피해가 발생할 것으로 예측되었다. 그림 14는 3m고의 지진해일이 내습하였을 경우의 시뮬레이션 결과로서, 대부분의 지역이 침수 및 범람피해가 발생하고 연구대상지의 중앙에 위치하고 있는 대하천 및 소하천의 역류범위가 내륙까지 크게 확대되는 것으로 나



FIGURE 12. 시뮬레이션 I (1m)



FIGURE 13. 시뮬레이션 (2m)



FIGURE 14. 시뮬레이션 (3m)



FIGURE 15. 시뮬레이션 (5m)

타났다. 또한 해안가에 위치한 공장부지의 전체에서 침수피해가 발생하게 됨을 확인할 수 있었다. 그림 15는 이 지역에서 발생 가능한 최대지진해일고인 5m고의 시뮬레이션 결과로서, 농경지가 완전 침수되고 침수 및 범람범위는 내륙으로 크게 확대되어 옥계면 일부까지 피해가 확산될 것으로 예측할 수 있었다. 표 4는 그림 12~15의 시뮬레이션 결과에 의해 예측된 침수 및 범람 피해지역의 면적을 각각 산출하여 비교한 것이다. 연구대상지에 대한 분석결과에서 비추어 볼 때, 하천의 제방이 붕괴될 것을 가정한다면 지진해일이 내습할 경우 상정지진해일고별 피해면적에 큰 차이가 발생하지 않는 것으로 나

타남에 따라 실제 지진해일의 발생시 그 규모와 관계없이 연구대상지 전역에 큰 피해가 발생할 것으로 예측된다.

TABLE 4. 상정지진해일고별 침수/범람 면적비교

지진해일고	침수/범람면적( $km^2$ )	비율(%)
1m	3.682	13.14
2m	3.756	13.40
3m	3.978	14.19
5m	4.150	14.81

※ 비율은 연구대상지역 전체면적( $28.031 km^2$ )에 대한 사상별 침수 및 범람 피해면적의 비율을 나타낸 것임.



## 2. 최대범람지도 시범제작 및 피해지역 예측

지진해일 예측기술을 포함한 관련 연구에서 보다 앞선 기술을 보유하고 있는 미국과 일본은 그림 16과 같이 지진해일 규모별로 예상피해지역에 대한 최대범람지도 또는 지진해일재해지도 등을 제작하여 DB화하고 이를 예·경보 시스템과 연동하여 지진해일의 발생에 대비하고 있다(U.S.Geological Survey; Tatehata, H., 1998). 이는 평상시 피해예상지역에 거주하는 해당 지역주민들로 하여금 지진해일 발생시 위험지역임을 사전에 주지시키고 안전지대 및 대피경로를 확인할 수 있도록 한다. 또한 지진해일 예·경보를 발령시 규모별 범람예상지역을 빠르게 판단하여 가능한 방재대책을 이 지역에 집중시킴으로써 피해를 최소화할 목적으로 활용되고 있다.

본 연구에서는 실효성 있는 지진해일 방재대책을 기획·입안하기 위한 전제가 되는 침수구역의 추정을 목적으로 지진해일에 의한 최대범람지도를 시범적으로 작성하였다(그림 17).

시범 제작한 최대범람지도는 시물레이션을 위해 설정한 최대 지진해일고인 5m규모를 이용한 시물레이션 결과를 이용하였다. 범람지도의 제작을 위한 기본도는 3차원 지형모델 구축을 위해 생성한 DTM(그림 17a)과 DEM(그림 17b)을 각각 베이스로 하고, 피해지역의 예측을 위해 주요시설물을 기준으로 구축한 하천/해안선, 도로, 시설물(건축물, 공장 및 부대시설) 커버리지를 중첩하여 나타내었다. 그리고 5m규모의 가상지진해일의 내습을 가정한 시물레이션 결과를 기본도에 중첩(overlay)하여 최대범람지역 경계를 확정하는 방법을 택하여 범람구역을 위주로 나타냄으로써 최대범람지도를 완성하였다. 이 때, 연구대상지에 내습한 지진해일은 전과되는 시간에 따라 변화하는 수위 변동값 중 최고 수위만을 추출하여 범람역을 추정하였다.

시범 제작된 최대범람지도를 통하여 연구대상지역에 대한 피해지역을 도출하였다. 우선 해안선에 접하고 있는 백사장의 경우 전체적으로 해일의 침수피해가 발생할 것으로 분석되었다.

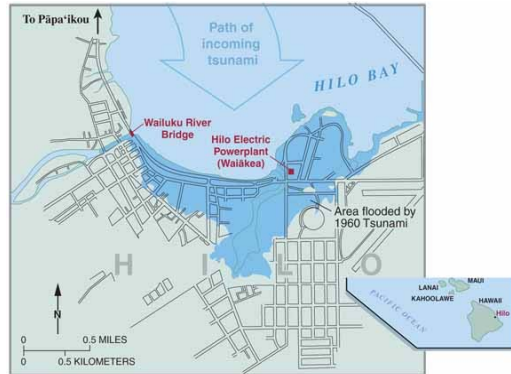
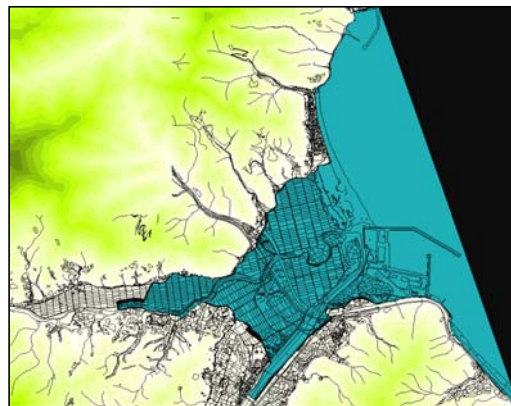


FIGURE 16. 지진해일범람지도(하와이) (Liu 등, 1994)



(a) DTM을 이용한 최대범람지도



(b) DEM을 이용한 최대범람지도

FIGURE 17. 가상최대범람지도

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 대부분이 범람피해지역으로 분류되었다. 그러나 내륙부에서는 유제부의 제방고가 지진해일의 최대지진해일고에 비해 많은 여유를 가짐에 따라 월류에 따른 범람의 위험은 발생하지 않는 것으로 나타났다. 그림 18에서 나타난 바와 같이 농경지로 유입된 해수의 범람에 의해 상당수의 가옥에서 침수피해가 발생할 것으로 예측되며, 하천을 따라 역류하던 해일은 하천에 축조되어 있는 수중보에 의해 차단됨으로써 그 이상의 역류는 발생하지 않는 것으로 예측되었다. 그리고 그림 19에 나타난 공장 및 도로의 경우는 3m이하의 해일고에 의한 시뮬레이션에서는 일부 침수피해가 예상되었지만, 5m의 해일 내습시에는 완전침수가 발생할 것으로 나타나고 있으며, 인근 일부 가옥 역시 직접적인 침수피해가 예상되었다. 그림 20은 연구대상지의 북쪽에 위치한 가옥밀집지역으로서 이 지역은 해안선에 접한 지역이나 해안에 축조된 옹벽에 의해 해일이 차단되어 큰 영향은 없을 것으로 판단된다. 그러나 실제 해일의 경우 해수면 상승과 더불어 파고의 처오름이 발생하여 이로 인한 해수의 유입이 예상됨으로 해일발생시 이 지역 역시 적극적인 대처가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

이상의 예측결과는 육상부에서 상정지진해일고를 근거로 침수범위를 설정한 것이며, 이는 지진해일의 수위고 보다 낮은 지반고에서 침수 및 범람이 발생함을 근거로 하고 있음을 의미한다. 그리고 시뮬레이션 및 피해지역의 예측에서 일부 해안시설과 해안에 조성되어 있는 수목 등의 정보를 고려하지 않았고 지진해일에 의한 범람 등을 설정하기 위하여 제방의 붕괴 등을 가정하였기 때문에 그 결과가 다소 과대평가되었



FIGURE 18. 지진해일 피해지역 예측 I



FIGURE 19. 지진해일 피해지역 예측 II



FIGURE 20. 지진해일 피해지역 예측 III

을 것으로 판단된다. 또한 침수예상도는 지진해일의 시간별 도달과에 따른 해일고의 변화를 고려하지 않고 도달과의 전체가 동일한 거동을 보인다는 가정 하에서 예측된 것이다.

## 결론 및 고찰

본 연구에서는 지진해일의 내습에 따른 피해지역을 예측하기 위하여 우리나라 인근에서 발생할 수 있는 지진해일을 가상으로 설정하고 대상 해안지형에 대한 3차원 지형모델을 제작하여 시뮬레이션을 통한 3차원 분석을 수행하였다. 또한 시뮬레이션 결과를 수치지형도에서 추출한 주요 지형 및 시설에 대한 커버리지와 중첩하여 침수 및 범람 경계를 도시함으로써 최대범람지도를 시범적으로 제작하고 이를 근거로 지진해일의 발생에 따른 사상별 침수 및 범람지역을 보다 입체적이며, 객관적인 방법에 의해 예측할 수 있었다.

본 연구의 결과는 피해 발생 후 범람 흔적조사에 의존하여 피해지역을 설정하는 기존의 방법을 탈피하여 피해 발생지역을 사전에 예측함으로써 보다 실효성 있는 지진해일 예측 및 방재대책의 수립을 위한 기반기술로서 활용 가능할 것으로 판단된다. 또한 지진해일의 발생에 따른 사상별 범람피해지역을 신속히 파악하여 예·경보를 발령하고 각종 방재대책을 집중화하는 등 적극적이며 체계적인 대처가 가능해 질 것으로 판단된다. 더불어 연구결과를 바탕으로 우리나라 전 해안에 대한 지진해일 피해지역 예측시스템이 구축되어 지진해일 예·경보 시스템과 효과적으로 연동된다면 언제 닥칠지 모르는 지진해일로부터의 피해를 최소화할 수 있을 것이며, 방재시스템의 효과를 극대화하는데 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

## 감사의 글

“본 논문은 2006년도 정부(교육인적자원부)의 지원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수

행된 연구임”(KRF-2006-331-D00590). 연구비의 지원에 감사드립니다. **KAGIS**

## 참고 문헌

- 국립방재연구소. 1999. 동해안에서의 지진해일 피해저감을 위한 연구. NIDP-99-07. 207쪽.
- 권오준, 김계현. 2006. NGIS 수치지형도를 이용한 효율적인 홍수범람 모의용 지형자료 구축에 관한 연구. 한국지형공간정보학회지 14(1):49-55.
- 기상연구소. 2002. 지진예지 및 지진해일 예측기술 개발. 150-211쪽.
- 김석규, 송인호, 김철. 2006. GIS와 수리모형을 이용한 홍수지역예측 비교. 한국지리정보학회지 9(3):183-192.
- 김재홍, 조용식. 2005. 동해의 지진해일 치오름 모의. 한국수자원학회논문집 38(6):463-471.
- 박찬수, 이성규, 서용철. 2007. 수치지형도를 이용한 DEM 자동생성 기법의 개발. 한국지리정보학회지 10(3):113-122.
- 이호준, 추교승. 1998. 동해안에서의 쓰나미 위험도 평가. 국립방재연구소 연구보고서. 59-96쪽.
- 최병호. 1995. 동해안 쓰나미 예경보체계의 수립의 필요성. 대한토목학회지 43(8):26-33.
- 최병호, 이호준. 1993. 1983년 동해 쓰나미의 산정. 대한토목학회논문집 13(3):207-219.
- Liu, P. L., Y. S. Cho, S. N. Seo and S. B. Yoon. 1994. Numerical Simulations of Tsunami Propagation and Inundation with Application to Hilo, Hawaii. Technical Report. Cornell University, pp.45-58.
- Liu, P. L., S. B. Yoon. 1991. Estimation of Tsunami Wave Heights along South Eastern Korean Shoreline. Technical Report. Cornell University, pp.25-78.
- Tatehata, H. 1998. The new tsunami warning system of the Japan Meteorological Agency. JMA, pp.33-69.
- <http://www.kma.go.kr/>
- <http://www.kmaneis.go.kr/>
- <http://www.jma.go.jp/jp/tsunami/>
- <http://www.usgs.gov/>
- <http://www.ess.washington.edu/tsunami/index.html> **KAGIS**