



# 지진해일의 피해와 예보체계

## Damage Caused by Tsunami and Warning System



글 / 姜 永 昇

(Kang Young Seung)  
해양기술사,  
한국기술사회 홍보위원,  
(주)한국해양과학기술 부설연구소  
책임연구원 / 이사.  
E-mail : kys503@hanmail.net

A Tsunami was generated by the magnitude 9.0 earthquake which occurred near Indonesia. An energetic Tsunami will display vertical water displacement of the order of ten meters and lateral scales of the order of tens of kilometers.

The Tsunami destroyed many coastal villages in Asia. So, there are many victims in southeastern part Asia by Tsunami.

Therefore, the construction of Tsunami prediction and warning system is needed for minimize the damage by seismic sea waves.

### 1. 서론

일반적으로 연안에 거주하는 주민들에게 피해를 주는 요인으로는 파랑과 해일, 수위상승과 그리고 쓰나미 등으로 알려져 있다. 이러한 요인 중에서 2004년 12월 26일 오전 9시 58분(우리나라 시간)에 인도네시아 수마트라섬 북부 해안에서 발생한 지진해일에 의하여 많은 피해가 발생하였다. 당시 발생한 지진의 진도는 리히터 규모 9.0으로 이는 1900년 이후 5번째로 큰 규모로 알려져 있으며 이때 발생한 지진해일에 의한 피해는 동남아의 스리랑카와 인도, 태국 등 해안에 인접한 나라에서 10만명 이상이 사망하고 엄청난 재산상의 손실이 발생하였는데 특히, 스리랑카의 경우는 국토의 절반 이상이 피해를 입어 1백만명 이상의 이재민이 발생하였으며 주민들의 보건체계가 무너지고 식수는 오염되어 전염병의 위험에 노출되어 있는 상황이다.



〈그림 1〉 지진해일의 전파양상



〈그림 2〉 지진해일의 진앙지(2004.12.26)

이번 지진해일로 인해 인도 해안지대에서는 지형에도 변화를 일으킨 것으로 보이며 미얀마와 인도네시아 사이 550여개의 섬으로 이루어진 안다만과 니코바르 군도의 일부 섬들이 지진의 발생으로 인해 이동했을 가능성이 있다고 밝힌 바 있다.

또한, 인도의 지질학자들은 이번 지진으로 인도판(plate)이 북쪽으로 이동하여 인도 북부의 지진 다발지역에 영향을 주었을 가능성을 우려하고 있다.

지진해일에 의해 내습하는 고파랑의 전파양상과 금번 인도네시아에서 발생한 지진해일의 진앙지는 〈그림 1〉과 〈그림 2〉에 나타낸 바와 같다.

이번 지진해일에 의한 피해를 보면서 사고지역에 대하여 좀 더 신속한 예보와 경보시스템이 가동되었다면 인명피해를 최소화할 수 있지 않았을까하는 아쉬움이 남는다. 따라서, 본 원고에서는 이러한 지진해일의 원인과 그 피해를 최소화할 수 있는 방안에 대하여 알아보고 우리나라의 연안재해 방지대책에 대하여 알아보고자 한다.

## 2 지진해일(쓰나미, Tsunami)의 정의

지진해일은 지진해파(seismic sea wave) 또는 쓰나미(Tsunami)라고도 하며 해저지진이나 해저에서 발생한 화산폭발에 의해 해저지각이 수평방향이나 수직방향으로 변동함에 따라 발생하며 이러한 장주기파는 해안으로 전파되면서 해면이 증폭되어 높은 파고를 발생시킨다. 이러한 지진의 직접적인 원인은 암석권에 있는 판이 움직임에 따라 발생하며 이러한 움직임은 직접적으로 지진을 일으키기도 하고 다른 형태의 지진 에너지를 제공하기도 한다.

지진해일의 크기는 지진의 크기에 따라 결정되지만 직접적으로는 지진으로 인한 해저변형의 크기와 속도 등에 관련이 있다. 장주기파인 지진해일의 속도는 천해파의 진행속도  $c = \sqrt{gh}$ 의 관계식으로부터 구할 수 있는데 여기서,  $g$ 는 중력가속도,  $h$ 는 수심을 의미한다.

예를 들면, 평균수심이 3,800m인 해역에서 전파되는 지진해일은 약 700km/h의 속도를 가지고 진행하게 된다.

지진해일이 해안에 도착하면 바닷물이 급속하게 빠져나가면서 다음 해일이 밀려오는 일이 반복되는데 쓰나미가 해안선에 접근하면 해안선과 상호작용을 일으켜 에너지 일부가 반사되기도 하고 일부는 전파되면서 그 크기가 커져서 구조물에 막대한 피해를 주거나 해안선을 따라 침수피해를 입히게 된다. 해안선에서 쓰나미의 크기는 30m 이상인 것도 있으며 10m 정도는 흔히 발생하는 크기이다.

이와 같이 지진이 발생한 후 지진해일의 전달시간을 계산하여 예보하는 시스템은 이미 구축되어 있는데 미국, 일본, 러시아 등은 태평양의 하와이에 지진해일 경보 시스템을 구축하여 본부를 운영하고 있다.

지진발생 후 지진해일이 발생할 것인가에 대한 확실한 증거를 찾는 데는 상당한 시간이 소요되므로 해저에서 일정 규모 이상의 지진이 발생할 경우 '주의보'나 '경보'를 발표하는 것이 국제적인 관례이다.

## 3 지진해일(쓰나미)에 의한 피해

쓰나미로 인해 큰 피해를 입었던 해외 사례는 <표 1>에 정리하였는데 이번 인도네시아 수마트라섬에서 발생한 지진해일은 매우 큰 규모의 피해로 기록될 것으로 보인다.

<표 1> 역대 주요 해외 지진해일 피해 사례

일시	발생장소	피해 규모
1988년 8월 27일	인도네시아	3,600명 사망
1896년 6월 15일	일본 신리쿠	26,000명 사망
1906년 1월 31일	콜롬비아 연안	1,500명 사망
1950년 5월 22일	태평양	1,000명 사망
1906년 1월 31일	알래스카	120명 사망
1950년 5월 22일	파푸아뉴기니	2,000명 사망

한편, 태평양에서 발생한 쓰나미는 일본에 의해 차폐되므로 우리나라에는 직접적으로 영향을 미치지 않으나 일본의 서해안에서 발생하는 쓰나미는 우리나라에 직접적인 영향을 주게 된다. 우리나라에서 일어나는 지진해일은 주로 일본 북서연안의 북미플레이트와 유라시아 플레이트 사이에서 발생하는 지진에 의한 것으로 일본 북해도 남서부와 혼슈 북서해역에 진원을 두고 있다.

<표 2>는 1940년부터 1993년까지 우리나라 동해안에 내습한 지진해일의 기록을 정리한 것이다. 기록에 나타

〈표 2〉 우리나라 동해안의 지진해일 기록 (1940년-1993년)

지명	발생일	진원	진도	도달시간	최대파고
울릉도	1983.5.26	동해중부	7.7	1시간 18분	124cm
	1993.7.12	북해도 남서부	7.8	1시간 31분	119cm
속초	1983.5.26	동해중부	7.7	1시간 42분	156cm
	1993.7.12	북해도 남서부	7.8	1시간 43분	179cm
묵호	1940.8.2	신위갑 외해	7.0	1시간 53분	120cm
	1983.5.26	동해중부	7.7	1시간 45분	400cm
	1993.7.12	북해도 남서부	7.8	1시간 53분	273cm
포항	1983.5.26	동해중부	7.7	1시간 52분	62cm
	1993.7.12	북해도 남서부	7.8	1시간 13분	91cm
부산	1964.6.16	니가타	7.5	1시간 10분	32cm
	1983.5.26	동해중부	7.7	1시간 00분	50cm
	1993.7.12	북해도 남서부	7.8	1시간 03분	31cm

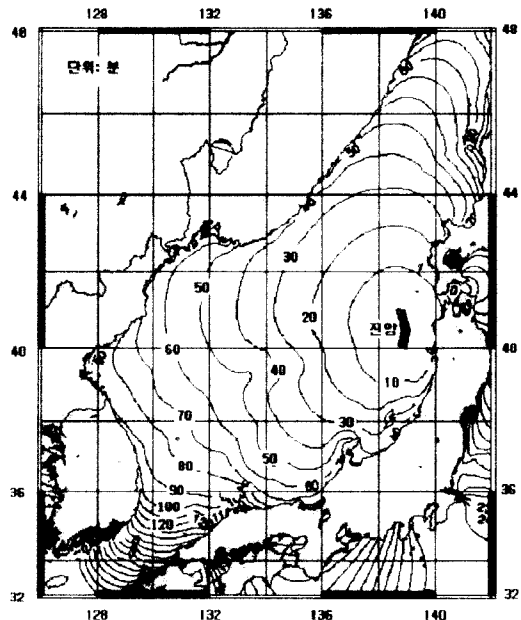
난 바와 같이 우리나라 동해안에 피해를 준 지진해일 중 가장 큰 규모의 지진해일은 1983년 5월 26일에 일본 중부 아키타현에서 발생한 지진으로 진도는 리히터 규모 7.7이고 파고는 14.93m로 가장 큰 해일고를 기록한 바 있으며 그 전파양상은 〈그림 3〉에 나타난 바와 같다.

이로 인해 당시 검조소에 기록된 수위자료에 의하면 동해안의 묵호에서는 3.9m, 속초 1.56m, 울릉도 1.25m, 포항 0.62m를 기록하였다. 동해안의 최대 피해지역은 임원항으로 수위가 최대 4m 이상까지 기록된 바 있다.

#### 4. 지진해일 예보 체계

최근 기상이변에 의해 지구촌 곳곳에 대규모의 재난이 속출하고 있으며 재해의 발생횟수가 점차 많아지는 추세이므로 이에 대한 대비를 강화해야 할 것이다. 이러한 재난방지 차원에서 지진해일의 예보체계 수립과 신속한 대피를 위한 경보체계를 구축하는 것은 매우 중요한 의미가 있다.

1952년 이후 정부간 해양과학위원회 산하에 태평양 쓰나미 경보시스템(Pacific Tsunami Warning System)을 구축하였으며 하와이에 본부를 두고 미국, 일본, 러시아 등이 지역시스템과 연계하여 운영하고 있다.



〈그림 3〉 아키타 지진해일 전파도 (1983. 5.26)

이러한 경보시스템을 설치한 배경에는 1946년 4월 1일 미국에서 발생한 알류-산해구 지진에 의해 발생한 16.5m의 해일로 인해 159명이 사망하고 163명이 부상을 당하는 피해가 발생함에 따라 당시 연안측지부(US Coast & Geodetic Survey : 현재 해양대기청 NOAA)에서 1948년에

창설하였다. 이러한 시스템의 가동으로 1952년 11월 4일 캄차카반도 부근의 해저지진에 의한 해일이 발생하였을 때 인명피해를 예방할 수 있었다.

우리나라의 경우는 연안에서 발생하는 재해를 방지하고 그 피해를 최소화하기 위하여 해양물리학이나 연안공학 분야에서 파랑과 해일 및 쓰나미와 같은 이상해상 상태에 대한 연구가 진행되고 있다.

즉, 자연재해로부터 해안주거시설과 구조물 등을 안전하게 보호하기 위한 과업을 해안방어(coastal defence)라 하는데 이러한 해안방어수위(coastal defence level)를 확률적으로 평가하는 연구가 수행된 바 있고, 지진해일모형을 수립하여 운용하기 위한 연구가 대학과 연구소를 중심으로 진행되고 있다.

지진해일을 예보하기 위하여 동해 북서부에서 발생 가능한 몇 개의 지진파원을 가상하여 지진해일의 전파도를 작성하면 피해예상지역의 예보가 가능하다.

즉, 일본기상청의 지진발생통보와 지진해일예보를 수신하고 각 진원에서 발생한 지진해일의 전파도로부터 지진해일의 도달시각을 예보할 수 있다. 또한, 동해안의 검조소에서 등 지진해일의 실시간 관측을 통해서 이를 확인할 수 있다. 국제적으로 태평양 지진해일이 예보되고 있는 것과 같이 일본과 우리나라 관계기관이 협력하여 지진예보시스템을 구축한다면 지진해일에 대한 피해를 최소화할 수 있을 것이라 판단된다.

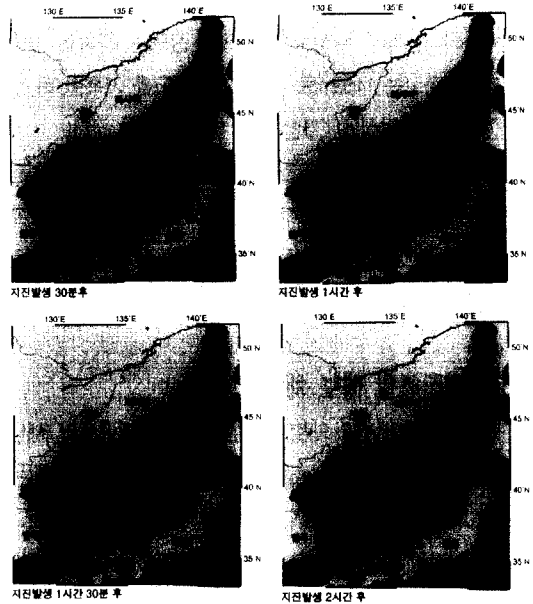
최근에는 컴퓨터를 이용하여 수치모형실험을 수행하여 지진해일의 전파양상을 모의할 수 있는데 <그림 4>는 아키타현에서 발생한 지진해일의 전파양상을 모의한 시뮬레이션 결과이다.

그리고, 지진해일의 조기경보 시스템의 모식도는 <그림 5>에 나타난 바와 같다.

## 5. 지진해일이 해안으로 내습할 때 조치요령

우리나라 동해안에 거주하는 주민들이 지진해일이 발생할 때 취해야 할 조치사항을 정리해 보았다. 즉, 일본 서해안에서 리히터 규모 7.0 이상의 지진발생이 보고되면 쓰나미 발생을 우려하여 관심을 가지고 쓰나미의 내습이 확인되면 가용한 통신수단을 모두 동원하여 주민에게 전달한다.

일본 서해안에서 지진이 발생하면 동해안에는 1시간 ~1.5시간 후에 쓰나미가 도달하므로 해안에 있는 위험물을 이동시키고 가능한 고지대로 대피하여야 한다. 또한, 항내 선박은 고정시키거나 외해로 이동시키고 기상특보에 귀를 기울여야 한다.



<그림 4> 지진해일전파 수치모의도(최병호, 1983년 일본 아키타현)

만일 해안에 있을 때 강한 진동을 감지하였을 경우에는 쓰나미 대비 경보가 없더라도 신속하게 고지대로 이동해야 하며 바다에 있을 때 지진해일 경보가 발령되었



〈그림 5〉 지진해일의 조기경보 시스템

을 경우에는 항구로 복귀하지 말아야 한다.

## 6. 결론

근래에 지구온난화에 의한 기상이변과 각종 자연재해가 빈번하게 발생하고 있다. 미국 국립해양대기청(NOAA)은 대지진에 따른 쓰나미가 인도와 스리랑카, 몰디브를 덮치기 약 1시간 전에 쓰나미 발생 사실을 알았지만 이들 나라에 경고하는 절차가 마련돼 있지 않았고 유사시 해외 언론기관과의 긴급 연락망도 갖추지 못해 피해가 커졌다고 밝힌 바 있다.

미국의 태평양쓰나미경고센터(PTWC)는 태평양에서 발생하는 쓰나미만을 역내 국가들에게 통보하게 되며, 경우 언론들은 NOAA의 기상전문서비스(WWS)를 통해 즉각 통보를 받게 된다. 그러나, PTWC 가입국이 아닌 인도와 스리랑카, 몰디브에는 이러한 경고가 전달되지 않

므로 피해가 가중된 것으로 보고 있다.

따라서, 지진해일을 포함한 각종 재난에 대처하기 위한 경보시스템 확립이 절실하게 필요하며 경보체계에 대한 정비와 국가간의 협조가 절실한 상황이다.

또한, 우리나라도 이번 쓰나미로 인한 동남아의 피해를 거울로 삼아서 쓰나미를 비롯하여 각종 자연재난에 대비하기 위한 구체적인 대책을 시급하게 수립해야 할 것으로 사료된다.

## 참고문헌

1. 이석우, 해양정보 130가지, 집문당, 2004.
2. 송원오 등, 연안개발, 한국해양연구원, 2001.

(원고 접수일 2005년 1월 12일)

