

# 고조(高潮) · 쓰나미의 재해와 방재시스템



안희도

한국해양연구원(KORDI) 명예연구위원

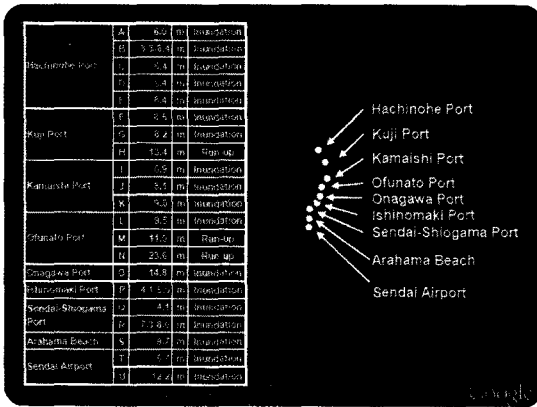
## I. 서론

지난 3월 11일 오후 2시 46분 일본 도호쿠(東北)지방에 9.0규모의 대지진과 엄청난 쓰나미가 발생한 지 한 달여가 지났지만, 아직도 일본열도는 여전히 인적, 물적 피해로 신음하고 있다. 특히 원전사고로 인해 방사능이 유출되면서 우리나라를 비롯한 전 세계에 방사능 피해에 대한 우려가 커지고 있는 실정이다. 이런 때 우리가 해야 할 일은 막연한 불안감의 확산을 최소화하는 동시에 언제 발생할지 모르는 위기상황에 철저하게 대비하고 준비하는 일이다.

## II. 도호쿠 지진해일의 규모(일본 현지조사 자료)

일본 도호쿠지역에서 발생한 지진 직후 관련 전문가들이 현지조사를 수행하여 이번 지진해일에 관한 정보를 수집하였다. 한국해양연구원과 연구협력 관계에 있는 일본 항만공항기술연구소(PARI)에서는 3월 15일~19일 동안 도호쿠 지역에 위치한 9개소의 주요 항만 및 공항 시설에 대하여 지진해일 높이 및 주요 피해 현황에 관한 조사를 수행하였다. 항만공항기술연구소의 타카하시(高橋)박사로부터 입수한 자료에 의하면, 많은 지역에서 범람고가 10m





Map 1 : Location of Surveyed Ports

과에 의하면 이번 지진해일로 가마이시항에 설치된 지진해일 방파제 1660m 중 990m가 전도되었고, 670m는 기울어졌다. 한편, 오오후나토항의 지진해일 방파제는 540m 전 구간이 완전히 붕괴되었다. 이 외에도 여러 곳에 설치된 방파제가 피해를 입었으며, 이것을 모두 합한 총 연장은 약 8,500m이다. 한편, 안벽의 경우 방파제에 비해서 상대적으로 피해가 작았는데, 안벽 구조물에 대해서는 내진 설계가 반영이 되었기 때문이다. 이번 피해를 계기로 지진해일에 대응하기 위한 항만 및 어항시설물의 설계 조건 및 기준 등에 대한 재검토가 이루어질 전망이다.

를 상회하였으며, 큰 피해가 발생한 오오후나토(大船渡)항의 경우 지진해일의 초음속 높이가 23.6m에 달한 곳도 있었다. 한편, 국제항로협회 일본지부(PIANC-Japan)의 보고에 따르면 지진 발생 직후 30분 만에 첫 번째 지진해일(쓰나미)이 해안에 도달하였고, 이 후 수차례 반복하여 내습하였다.

### III. 지진해일 방파제의 피해

일본에서 가장 대표적인 지진해일 방파제가 설치된 곳이 가마이시(釜石)항과 오오후나토항이다. 현지조사 결

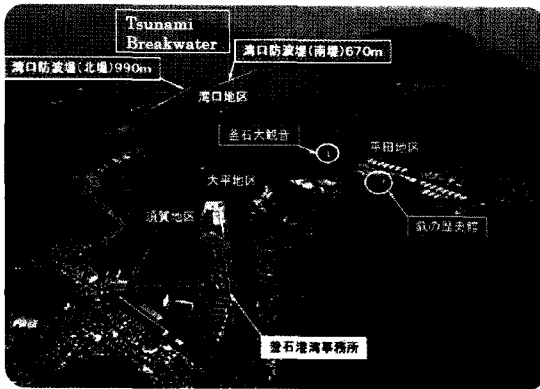
### IV. 한국에서의 대규모 지진 발생 가능성

한국의 경우 일본에 비해서 상대적으로 큰 지진 발생 가능성이 적은 것으로 알려져 있다. 그러나 조선왕조실록의 기록을 토대로 과거 발생한 역사지진을 연구한 최근 연구자료들을 살펴보면 매그니튜드 6~7에 이르는 지진은 우리나라에서 발생할 가능성이 충분히 있다는 것을 알 수 있다. 2005년에 서울대학교 추교승 연구원, 박창업 교수와 동경대학교 쓰지 요시노부(都司 嘉宣)교수가 공동으로 발표한 연구논문에 따르면 서울, 경주, 울산, 홍성, 평양, 함흥, 청진 등 우리나라 전국에 걸쳐서 규모

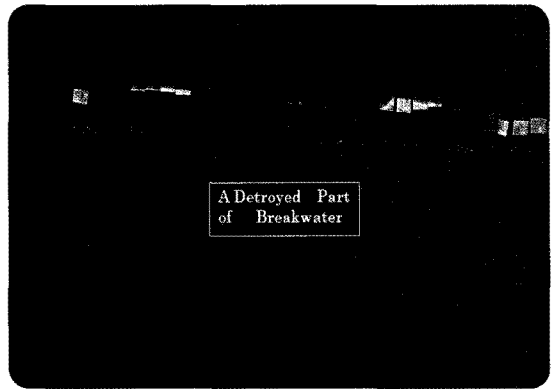
〈표 1〉 한국에서 발생한 지역별 최대급 피해지진

지역	발생일	진앙위치		지명	위치정도	지진규모(M)
경기도	89. 7. ?	북위 37.5°	동경 127.1°	서울	3	6.5(7.0)
경상도	779. 4. ?	35.8	129.2	경주	3	6.5
황해도	1385. 8. 1	38.0	126.5	개성	3	6.0
전라도	1455. 1. 24	35.4	127.4	남원	4	6.5(6.8)
경기도	1518. 7. 2	37.6	127.0	서울	3	6.5(6.8)
평안도	1546. 6. 29	39.1	126.1	평양	4	6.5
충청도	1549. 7. 20	36.6	126.7	홍성	4	6.0
양강도	1597. 10. 7	41.3	128.0	삼수	3	6.0(5.0)
경상도	1643. 7. 24	35.5	129.3	울산	3	7.0(6.3)
강원도	1681. 6. 26	37.5	129.3	양양·삼척	4	7.5(7.3)
함경도	1727. 6. 20	39.9	127.5	함흥	3	6.0
함경도	1810. 2. 19	41.8	129.8	청진	3	6.5

「정도(精度)」란 진앙위치의 추정정도로 3은 약 50km이내, 4는 100km이내



▲ 가마이시항



▲ 피해현황

6을 초과하는 지진이 발생했던 사례가 있음을 알 수 있다. 특히, 16~17세기에 큰 지진 발생 횟수가 월등히 많았는데 특히 1681년 6월 26일 강원도 양양 부근에서 발생한 지진은 규모 7.5 정도에 이르는 것으로 추정되며, 지금까지 우리나라에서 발생한 가장 큰 규모의 지진인 것으로 파악된다.

## V. 우리나라에서의 큰 지진해일 발생 가능성

태평양에서 발생한 지진해일의 경우 일본열도에 차단되어 우리나라에 큰 해일이 도달할 가능성은 매우 적다. 설령 지진해일이 일본과 중국 사이의 바다를 통해서 서해상으로 진입하더라도 서해의 수심이 얕기 때문에 지진해일이 전파되는 과정에서 상당한 에너지가 소산되어 큰 지진해일이 도달하기는 어렵다.

이보다는 동해상 또는 일본 본토, 홋카이도 섬의 서쪽 해안에서 큰 지진이 발생할 경우에는 우리나라 동해안에 제법 큰 규모의 지진해일이 도달할 가능성이 있다. 실제로 이 지역에서의 대규모 지진 발생 빈도는 일본 동해안(태평양 측)에 비해서는 높지 않지만 우리나라에서는 좀처럼 발생하지 않는 큰 지진이 발생할 수 있다. 일단 이 지역에서 대규모 지진이 발생하여 우리나라 쪽으로 지진해일이 전파해 오게 되면, 동해의 수심이 깊기 때문에 지진해일이 거의 에너지를 잃지 않고 우리나라 동해안까지 전달되어 온다.

지난 동안 이 지역에서는 1940년, 1964년, 1983년, 그리고 1993년의 4차례 큰 지진이 발생하였으며, 그 중에서도 1983년 5월 26일과 1993년 7월 12일에 일본 서해안 인근 지역에서 발생한 규모 7.7, 7.8의 지진으로 인해 지진해일이 울릉도를 비롯한 동해안 전역에 내습하여 적지 않은 인명 및 재산 피해를 입힌 바 있다. 특히 1983년 지진해일의 경우 울릉도 현포항에 3~5m, 강원도 임원항에 3.5~4m에 이르는 범람고를 기록하여 5명의 인명피해가 발생하였다.

## VI. 지진해일에 대한 대비책

지진해일에 대비한 대책으로서는 소프트적 대책과 하드적 대책으로 구분된다.

소프트적 대책으로는 우선 일본의 경우처럼 지진 및 지진해일 발생 시 3~5분 이내에 기상청에서 경보를 발령하고 이를 공중파 방송사를 비롯한 언론 매체에 신속하게 알리며, 각 지방 행정기관에서 대피령을 내리는 등의 대피체계를 구축하는 일이다. 일본의 경우 지진이 발생하면 3분 이내에 지진발생 지역 및 규모, 그리고 그에 따른 각 지역에서의 진도가 발표된다. 이 때 지진해일의 발생 가능성이 있는지 없는지에 대한 경고도 함께 발령되며, 지진해일 가능성이 있는 경우 피난 권고도 함께 전달된다. 참고로 규모(magnitude)란 지진 자체가 가지고 있는 진동, 즉 에너지의 크기이며, 진도란 지진으로 인해서 지각 및 건물

등이 흔들리는, 즉 지진을 느끼는 정도이다. 또한 지진 발생 5분 이내에는 지진해일의 예상 높이 및 예상 도달 시간이 공표되며, 지진발생 10분 이내에는 실제로 지진해일이 관측되었을 경우, 그에 대한 정보가 시민들에게 전달되는 체계를 갖추고 있다.

우리나라 동해안의 경우 일본 서해안에서 지진해일이 발생하게 된다면 울릉도에는 약 1시간, 동해안 북부 지방에는 약 1시간 30분 정도면 지진해일이 도달할 수 있다. 따라서 신속하게 지진해일 및 대피에 관한 정보가 일반 시민들에게 전달된다면 인명피해 규모는 크게 줄일 수 있을 것이다. 다만, 이번 일본의 경우처럼 우리나라 가까운 동해상에서 지진이 발생한다면 이보다 더 빠른 시간에 지진해일이 해안에 출현할 수 있으므로, 지진해일의 예상 도달 시간을 더 짧게 가정하고 그에 대비한 대비책을 마련하는 것이 더 바람직할 것이다. 이를 위해서 해저지진계, 인공 위성 등을 활용하는 시스템 구축이 필요하다.

또한, 지진해일이 내습할 경우 주요 지역의 침수 범람지도(Hazard map)를 구축하여, 일반 시민들에게 침수 범람 지도에 관해서 계몽 홍보하고 지진해일 발생 시 대처요령 등을 교육하는 일도 필수적으로 시행되어야 한다.

하드적 대책이란 지진해일에 조금 더 적극적으로 저항하는 방법으로서 내륙으로 지진해일이 유입되는 것을 방지, 또는 경감할 수 있는 시설물을 건설하는 것이다. 즉, 지진해일 방조제 또는 항만 입구를 차폐할 수 있는 방파제 또는 수문을 건설하거나, 지진해일이 하천 흐름을 따라서

역류하여 범람하는 피해를 방어할 수 있도록 하천제방을 정비하는 방법, 또는 해안 주변에 방조림을 조성하여 지진해일의 영향력을 감소시키는 방법 등이다.

## VII. 결 론

이처럼 우리나라 동해안의 경우 지진해일의 위협이 상존하고 있는 만큼 사전에 철저히 대비해야 할 필요성이 있다. 일본에 비해 우리나라의 경우 지진해일에 대한 경각심이 낮은 편인데, 이번 일본의 대규모 지진해일 피해로 인해 국민들이 쓰나미의 엄청난 위력에 대한 인식 수준이 많이 높아졌을 것으로 본다. 이번 일본의 피해를 계기로 지진해일에 대응하기 위한 재난관리 및 방재시스템에 대한 재정비가 이루어져야 할 것이며 아울러 지구온난화에 의한 해면상승의 영향으로 연안의 취약성이 더욱 높아져, 이를 대비한 고조나 쓰나미에 대한 방재대책을 사전에 강구해야 할 것이다.

한국해양연구원은 일본과 연구협력 관계에 있는 항만공학기술연구소(PARI) 및 연안기술연구센터(CDIT)를 비롯하여 교토대학 방재연구소(DPRI), 도호쿠대학 연구진 등 많은 경험을 보유하고 있는 전문가 그룹들과 인적 네트워크를 심분 활용하여 이들로부터 신속한 정보를 입수하고 우리나라 실정에 맞게 방재시스템을 구축해 간다면, 효과적이고 효율적인 지진해일 대비책이 마련될 것으로 기대한다. ▲

