

지진해일 피해조사 현장지침 현장 검증: 안다만-니코바제도

Application of Post-Tsunami Survey Field Guide: Andaman and Nicobar Islands

하태민* · 손일수** · 조용식***

Ha, Tae-Min · Sohn, Il-Soo · Cho, Yong-Sik

Abstract

The present study aims to document the run-up height, losses of human lives and property damage due to the tsunami occurred on December 26, 2004 in Andaman and Nicobar Islands, India. These Islands were severely devastated by the tsunami. Approximately 1,925 people were lost their lives and 5,555 people were reported missing. A field survey carried out at 26 locations indicates that the passenger jetty of Little Andaman area recorded the highest run-up height of 17.3m and the Chidiyatopu area had the greatest inundation of 500m from the coastline.

key words : tsunami, field survey, run-up height, inundation

1. 서 론

지진해일 피해조사는 추후에 지진해일 연구의 수행과 발생 가능한 지진해일에 대비한 대책 확립을 위해 기초자료를 수집하는 과정이다. 그리고 지진해일 피해조사는 현지조사를 기반으로 수행되어야 하며, 철저한 사전 준비가 필요하다. 현지조사에서는 지역주민과의 인터뷰, 현지 촬영, GPS를 이용한 위치 기록, 그리고 최대 범람고 측정 등의 방법을 이용하여 자료를 수집한다. 그리고 현지조사에서는 자동 레벨, 토탈 스테이션 등의 측정장치와 각종 음향 및 영상 기록장치를 이용할 수 있으며, 가장 중요한 조사항목은 대상지역의 해안선을 따른 최대 처오름높이 분포이다. 현장조사를 마친 후에는 수집한 자료를 정리 및 분석하고, 관계자 회의를 통해 정보 공유가 이루어질 수 있게 한다.

본 연구는 소방방재청 주관아래 본 연구팀이 수정한 국내 지진해일 피해조사 현장지침에 따라서 인도의 안다만-니코바 제도를 현장 조사한 결과이다. 현장조사는 안다만-니코바제도 전역에 걸쳐서 총 26개 지역에서 이루어졌다. 리틀 안다만의 여객 부두에서 최대 처오름높이 17.3m가 기록되었고, Chidiyatopu에서 해안선으로부터 500m떨어진 곳까지 최대 범람이 발생하였다.

2. 지진해일 피해조사

2.1 현장조사 전단계

2004년 12월 26일 발생한 서아시아 지진해일에 의한 피해를 직접 조사하기 위하여, 현장조사단을 구성하고 인도의 안다만-니코바제도에서 조사를 실시하였다. 조사단의 구성에 앞서 TV와 라디오 및 신문 등의 대중매체와 인터넷을 통하여 사전정보를 수집하였다. 특히, 인터넷은 국내뿐 아니라 외국의 주요 기사들도 검색할 수 있었기 때문에 자료수집에 매우 유용한 수단이었다. 수집된 사전정보를 바탕으로 조사 항목과 시기 및 일정을 회의를 통해서 결정한 후, 각 분야 전문가와 현지인을 포함한 조사단을 구성하였다. 조사단은 성관관대

* 정희원·한양대학교 토목공학과·석사과정

** 정희원·(주)건일 엔지니어링

*** 정희원·한양대학교 토목공학과·교수·교신저자·E-mail: ysc59@hanyang.ac.kr

학교 최병호교수, 한양대학교 조용식교수, 인도의 바라치다산(Bharathidasan)대학교 Lakshumanan교수(당시 한국해양연구원에 박사후 과정으로 있었음)와 한양대학교 대학원생 1명 및 성균관대학교 학부생 2명 등 모두 7명으로 구성되었다. 조사단이 구성된 후 수차례 회의를 통하여 자세한 일정을 결정하고 현장조사에 대비한 훈련을 받았으며, 출발을 1주일 앞둔 3월 17일에는 현지 감염에 대비하여 조사단 전원이 예방주사를 맞는 등 현지에 적용하기 위한 준비기간을 가졌다.

현장조사에 사용하게 될 장비는 토털스테이션(total station) 1대, 수준의(level) 1대, 삼각대 2대, 스태프 2개, 반사경 2개, 비디오카메라 3대, 디지털카메라 3대, 노트북 2대, 휴대용 위성항법장치(GPS) 2대, 위키토키 6대, 망원경 2대 등을 준비하였고, 모든 준비사항은 회의를 통하여 결정하였다. 김치 등의 비상식량과 응급처치 도구 등은 조사단의 이름으로 준비하였고, 의류 및 개인물품을 조사원별로 각각 준비함으로써 출발준비를 마무리하였다.

2.2 현장조사 단계

조사단은 2005년 3월 24일 인천공항을 출발하여 싱가포르를 경유하고 인도의 첸나이(Chennai)에 도착하여 하루를 묵은 후, 3월 25일 최종 목적지인 안다만제도의 포트 블레어(Port Blair)에 도착하였다. 포트 블레어에 도착하여 현지회의를 실시하였다. 현지에서 얻은 정보를 토대로 사전회의를 통하여 결정했던 피해조사지역 중에서 일부 지역을 다른 지역으로 수정하거나 삭제하였다. 또한 조사단 구성원 각자의 역할과 책임량을 분배하였으며, 피해규모에 따라서 관측 및 측량의 정확도를 제한하였다.

조사단은 포트 블레어 Bamboo Flat지역을 출발하여 범람이 발생했던 지역에서 범람발생시 평균해수면(Mean Sea Level)에 대한 수위 상승고를 측정하였고, 측정결과를 이용하여 치오름높이를 계산하였다. 범람이 발생한 후 해수가 빠르게 빠져나갔기 때문에 몇몇 지역에서는 범람정도를 가늠할 수 있는 표식을 찾을 수 없었다. 이러한 경우에는 지역주민들의 증언과 나뭇잎의 색깔변화나 해수가 이동해온 파편들에 의한 나무의 상흔 같은 단서들을 토대로 범람발생시 수위 상승고를 추정하였다. 치오름높이는 포트 블레어지역의 연평균 해수면높이 1.175m를 기준으로 관측했으며, 지진해일이 발생한 12월의 월평균해수면높이는 1.143m이므로 큰 차이가 없다. 또한 2004년 12월 26일 포트 블레어지역의 조차(tidal range)는 약 1.1m 정도였고, 지진해일이 만조가 되기 약 2시간 전에 도달했기 때문에 치오름높이는 실제보다 약 30cm정도 더 높게 관측된 것으로 판단된다. 평균해수면과 조차에 관한 정보는 인도의 Lakshumanan교수가 제공하였다.

지역주민들과의 인터뷰에서는 정부간해양학위원회(IOC, 1998)에서 만든 설문지를 이용하여 치오름높이, 범람구역, 해일피해의 횡수와 간격 등을 조사하였다. 대부분의 어부들이 문맹이었기 때문에 수집된 정보에 일관성이 없었으므로 건물이나 나무에 있는 수위표시를 이용하거나, 모래언덕과 갯벌에 있는 연흔 등의 확실한 흔적을 이용하여 해수의 범람정도를 측정하였다. 표류해온 잔가지나 나뭇잎 그리고 염분에 민감한 식물의 상태를 통해 대부분의 지역에서 범람한계를 측정할 수 있었으며, 치오름높이를 정확히 측정하기 위하여 토털스테이션과 수준의 및 휴대용 위성항법장치를 이용하였다. 이번 조사기간 동안 인터뷰를 할 수 있는 주민이 거의 없었고 리틀 안다만에서는 지진해일 피해정도를 기록해놓은 많은 흔적들이 지워져버렸기 때문에 자료수집이 매우 어려웠다.

2.3 현장조사 결과

표 1은 안다만-니코바제도 26개 지역에서 측정한 치오름높이와 범람구역이다. 남 안다만제도에 있는 Bamboo Flat은 포트 블레어 부근에 있는 부두로 다양한 공장과 교육기관이 있고 주거건물이 많으며, 작은 어촌이 밀집해 있는 곳이다. 지진해일로 인해 Bamboo Flat의 해안으로부터 18m 떨어진 곳까지 범람이 발생했고 치오름높이는 3.8m로 관측되었으며, 많은 가건물들이 파괴되어 사라져버렸다. 포트 블레어에서 멀지 않은 Burmanala에서는 치오름높이가 1.9m로 관측되었고, 집과 상점들이 상당한 피해를 입었으나 인명피해는 없었다.

포트 블레어에서 25km 떨어진 Chidiyatopu는 남 안다만제도 최남단에 위치한 지역으로, 포트 블레어 주변의 다른 지역들에 비해 피해를 크게 받은 지역이다. 해안으로부터 500m 떨어진 곳까지 범람이 발생했고, 치오름높이는 3.2m로 관측되었다. 50여 채의 건물이 파괴되었고 20여척의 어선이 파도에 휩쓸려 파괴되었으며, 작은 어촌은 흔적만 남기고 사라져버렸고 도로와 가로등이 완전히 파괴되었다. Southern Magar Parel에서는

최대 초오름높이가 10m로 관측되었고, 범람구역은 해안으로부터 500m로 관측되었다. 해안에 인접한 가구들은 해일에 휩쓸려 파괴되었고 농작물들이 해수에 휩쓸려 사라져 버렸으며, 경작지가 높은 염분으로 인해 경작할 수 없는 땅이 되었다. 지역 주민들에 따르면 해수면이 1m가량 상승했고 그로 인해 지역의 지형이 바뀌었으며, 만조 때 여전히 해수로 인한 침수피해가 발생하고 있었다. 포트 블레어 Thirupathi Temple에서는 초오름높이가 3.1m로 관측되었고, 해안으로부터 500m 떨어진 지역까지 범람이 발생하여 콘크리트 건물과 농작물에 피해를 입었다.

표 1. 초오름높이와 범람구역(안다만-니코바제도)

Location	Run-up height (m)	Estimated wave inundation distance from shore (m)
Port Blair - Bamboo Flat	3.8	18
Havelock Island - Vijaya Nagar	3.5	200
Havelock Island - Vijaya Nagar	1.7	200
Havelock Island - Radha Nagar	2.0	100
Havelock Island - Govinda Nagar	3.4	140
Havelock Island - Harbour area	3.1	300
Port Blair - Burmanala	1.9	500
Port Blair - Chidiyatopu	3.2	500
Port Blair - South point Magar parel	10	500
Port Blair - Thirupatti Temple	3.1	200
Port Blair - Wandoor jetty	2.7	37
Port Blair - Wandoor jetty(2)	2.4	300
Port Blair - Bamboo Flat(2)	3.8	21
Baratong - Gandhi Ghat jetty	2.5	36
Baratong - Nilampuri jetty	2.9	20
Little Andaman - Harminder Bay(south end)	7.4	228
Little Andaman - Brak water jetty	13.9	136
Little Andaman - Brak water jetty(2)	10.4	312
Little Andaman - Passenger jetty	17.3	145
Little Andaman - Passenger jetty(2)	13.1	144
Little Andaman - damaged culvert bridge	10.9	99
Little Andaman - Netaji Nagar	8.0	61
Little Andaman - Netaji Nagar(2)	8.6	74
Little Andaman - Netaji Nagar(3)	6.8	166
Little Andaman - Butterfly Bay	10.5	89
Little Andaman - Butterfly Bay(2)	15	99

포트 블레어 Wandoor부두는 남 안다만제도에서 가장 심각한 피해를 입은 곳으로 초오름높이는 2.7m였고, 범람구역은 500m로 관측되었다. 약 10여 가구와 상점이 파괴되었고, 정부전력담당 기관이 피해를 입었으며 인근도로와 가로등이 해일에 휩쓸려 사라졌다. 다수의 작은 만을 포함하고 있는 포트 블레어 지역은 Chidiyatopu와 Southern Magar Parel지역을 제외하고는 상대적으로 낮은 초오름높이를 기록했다. Chidiyatopu는 최남단에 위치하여 지진해일피해를 정면으로 받았기 때문에 피해가 심각했다. Sippighat지역은 다수의 지대가 낮은 농경지로 이루어져 있는데 지진해일 후 해수면의 상승으로 만조 때 해수가 농경지로 침범해 들어와 피해를 입혔다. 우기가 다가와 해수면이 추가로 상승하면 지역주민의 거주지역이 잠길 위험이 있어 시급히 대책을 마련해야 할 상황이었다.

헤브락제도(Havelock Island)는 포트 블레어에서 50km 정도 떨어진 유명한 관광지, 초오름높이는 2.0m였고 범람구역은 100m로 관측되었다. 역시 관광지로 유명한 Vijaya Nagar에서는 초오름높이가 3.5m였고 범

람구역이 200m로 관측되었으며, 10여 채의 가옥이 파괴되어 사라져버렸으나 다행히 인명피해는 없었다. Baratang지역은 포트 블레어에서 100km 정도 떨어진 중 안다만제도와 남 안다만제도 사이에 있는 관광지이다. 초오름높이가 2.5m였고 범람구역이 36m로 관측되었으며, 콘크리트로 건설된 도로가 심각하게 파괴되었고 홍수림이 해수에 훼손되었으나 인명피해는 없었다. Baratang-Nilampuri부두에서는 초오름높이가 2.9m였고 범람구역이 20m로 관측되었으며, 해일이 전력송신탑에 피해를 주기도 했으나 지리상 위치 때문에 섬에서의 피해가 심각하지는 않았다.

리틀 안다만은 포트 블레어에서 120km 떨어진 섬으로 인구가 17,528명이지만 주변 관광지로의 출입구가 되는 지역이었기 때문에 지진해일 당시 많은 관광객이 있었다. 지진해일로 인해 56명의 인명피해가 발생했고, 14명이 실종되었으며 6,569명의 주민이 임시 캠프에서 생활하고 있다. 약 50여 척의 선박이 파괴되었고, 11개 지역이 심각한 피해를 받았다. Hut Bay부두에서 14km 떨어진 Butterfly Bay는 초오름높이가 15m를 기록했고 범람구역은 99m로 관측되었다. Hut Bay부두에서 11km 떨어진 Nethaji Nagar해변은 지진해일로 피해를 받은 또 다른 관광지였다. 초오름높이는 8.6m였고, 범람구역은 166m로 관측되었다. 리틀 안다만의 최남단 Harminder Bay는 초오름높이가 7.4m였고 범람구역은 228m로 관측되었다. Brak부두에서는 초오름높이가 13.9m였고 범람구역은 312m로 관측되었다.

안다만-니코바제도의 다른 섬들도 피해를 입었고 니코바제도에서 피해가 더 심각했다. 안다만-니코바제도 행정자치부에 따르면 790명에 이르는 인명피해가 발생했고 348명이 실종되었으며, 15,550명의 주민들이 Car Nicobar에 있는 지진해일 임시캠프에서 생활하고 있다. Great Nicobar에서는 366명이 사망했고 219명이 실종되었으며, 4,690명이 임시캠프에서 생활하고 있다. 안다만-니코바제도에서 총 1,925명이 사망했고 5,555명이 실종되었으며, 42,166명의 주민들이 심각한 재산피해를 입고 임시캠프에서 생활하고 있다.

2.4 현장조사 후 단계

현장조사를 마친 후 조사단은 수집된 자료를 바탕으로 추후에 발생할 수 있는 지진해일에 대비하여 현지회의를 가졌다. 현장조사 결과는 단행본의 형태로 제작되었으며, 지진해일 연구를 목적으로 하는 전문가들에게 공개되었다. 이렇게 공개된 자료는 국내의 방재계획과 수치모의 등을 포함한 앞으로의 연구에 기초자료로서 매우 중요한 역할을 할 것으로 기대된다.

4. 결 론

지진해일 피해조사 현장지침은 지진해일에 대한 연구에서 가장 기초가 되는 것이다. 적절한 현장지침을 바탕으로 정확한 피해조사를 실시하여 지진해일 범람도 제작이나 지진해일 수치모의를 위한 정확한 기초자료를 제공하여야 한다. 이번 안다만-니코바제도 현장조사는 현재까지 사용하였던 지진해일 피해조사 현장지침을 개선하여 사용하였다. 개선된 현장지침을 통하여 이전까지 이루어졌던 것보다 적절하고 정확한 현장조사 자료를 작성할 수 있다. 작성된 자료를 통하여 더욱 효율적인 지진해일 범람도를 제작할 수 있고, 지진해일 수치모의결과에 신뢰성을 높일 수 있다.

금번 지진해일관련 현장조사는 한국해양해양공학회가 주도하였으나 관련 정부기관에서 주관하여 좀 더 광범위하고 조직적인 조사를 하는 것이 바람직하다. 조사내용을 기초로 하여 대응 시나리오를 작성하면 유사한 재해가 우리나라에서 발생할 경우 좀 더 신속하고 효율적인 방재가 가능할 것이다.

감사의 글

본 연구는 소방방재청의 특정사업 '지진해일 재해저감기술 개발'의 지원으로 수행되었으며, 또한 (주)건일엔지니어링으로부터 재정적 지원을 받았습니다.

참고문헌

1. International Oceanographic Commission(IOC). (1998). Post-tsunami survey field guide(1st Ed). Manuals and Guides, UNESCO, p. 37.