

제주 옹포리 포구 유사해일 원인 분석 및 수치 모의

Root-Cause Analysis and Numerical Simulation of Seismic Sea Wave Inundation at the Port of Ongpo-ri, Jeju

이정렬¹, 이동수², 임흥수³
 Jung Lyul Lee¹, Dong Soo Lee² and Heung Soo Lim³

1. 서 론

2005년 2월 9일 제주도 북제주군 한림읍 옹포리 포구에서 바닷물이 갑자기 밀려왔다 빠져나가는 ‘쓰나미(지진해일)’와 유사한 현상이 발생하여 주변 가옥이 일시 침수하는 일이 발생하였다. 이로 인한 별다른 피해는 없었으나 해안가 일대 10여 채의 집 마당까지 바닷물이 밀려 들어와 한바탕 소동이 벌어졌다. 당일 만조 시간이 오전 11시 17분인데다 풍속이 초당 13m, 파고 1m로 평상시 수준이었는데 유독 옹포리 포구 일대만 그런 현상이 나타났다.

그 후 3월 4일 기상청과 국립해양조사원, 국립방재연구소, 소방방재청, 한국지질자원연구원, 제주대학교, 제주화산연구소 등 각계 전문가로 구성된 현장 조사단은 "옹포리 유사해일은 지진해일 현상이 아니다"고 밝혔으며 다만 한국해양조사원을 통해 서남해안지역 12개소의 해수면 수위를 분석한 결과 이번 옹포리 유사해일은 남서쪽에서 유입된 15분 주기의 장파 때문에 발생한 것으로 추정했다. 그림 1과 같이 옹포리 유사해일의 원인인 장파는 대흑산도에서 가장 먼저 관측되었고 다음으로 남제주군 모슬포, 북제주군 추자도, 제주시, 서귀포시, 완도, 남제주군 성산포, 영광, 안홍, 통영, 가덕도 순으로 관측되었다. 그러나 조사단은 남서쪽에서 유입된 장파의 원인은 밝혀내지는 못했다. 유독 옹포리 포구에서만 침수를 동반

한 유사해일이 발생한. 원인은 수심이 얕은 곳에서 파고가 높아지는 천수 현상과 남서쪽에서 유입된 장파가 회절·반사되어 수위가 증폭될 수 있는 위치에 옹포리 포구의 입구가 놓여 있기 때문인 것으로 분석되었다. 본 연구에서는 수치모형을 통하여 이 현상이 장파로 인하여 충분히 발생할 수 있는 현상인지를 규명하였으며 장파 주기에 따른 피해 정도를 살펴보기 위하여 월파량의 변화를 산정하였다.

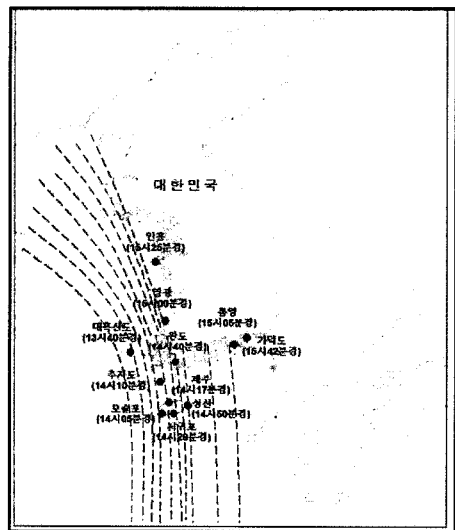


그림 1. 이상 장기 파랑 발생 시각 (2005년 2월 9일, 한국해양조사원 자료)

1 발표자: 성균관대학교 토목환경공학과 교수
 2 (주)씨테크알앤디 대표이사
 3 성균관대학교 토목환경공학과 석사과정

2. 옹포리 포구

옹포리 포구는 그림 2와 같이 제주도 북제주군 한림읍에 위치하고 있으며 서북서 방향 2km 지점에 위치한 비양도는 날아온 섬 이라는 뜻의 작은 화산섬으로 한림읍 협재 해수욕장과 협재굴 그리고 한림항 등과 연결되어 독특한 경관을 이루고 있다. 10분 정도의 장파가 서측 해역에서 밀려오는 경우 비양도는 섬과 해안 사이에 발생하는 회절과 반사, 그리고 천수 현상으로 인하여 해안을 따라 큰 파고의 파랑을 형성하게 된다.

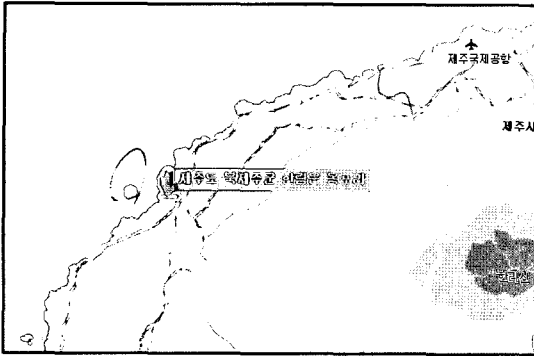


그림 2. 제주 옹포리 포구 위치

아래 그림 3은 옹포리 포구 인근 해안이 다소 움푹 들어간 형상을 지니고 있고 포구 입구는 그 인근 해안에서 북동쪽 끝단에 위치하여 남서쪽으로 열려 있음을 보여주고 있다.

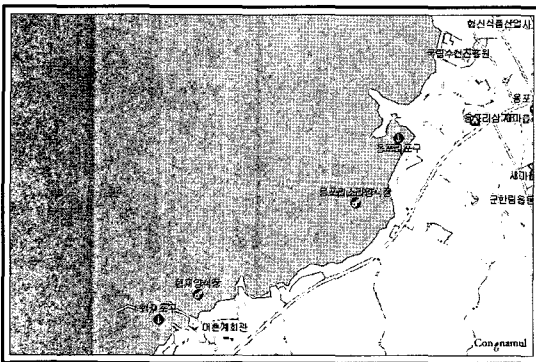


그림 3. 옹포리 해안 상세도

그림 4는 월파가 발생하여 인근 가옥 침수 피해를 일으킨 지점에서 촬영한 옹포리 포구 전경을 보여주고 있다. 그림에서 보이는 수위 상태가 유사해일이 발생하였을 때와 거의 유사한 것으로 보여진다. 유사 해일이 발생할 당시 포구 내 수위와 물양장 상단

의 높이 차는 1.5m 가량 되었던 것으로 추정된다.

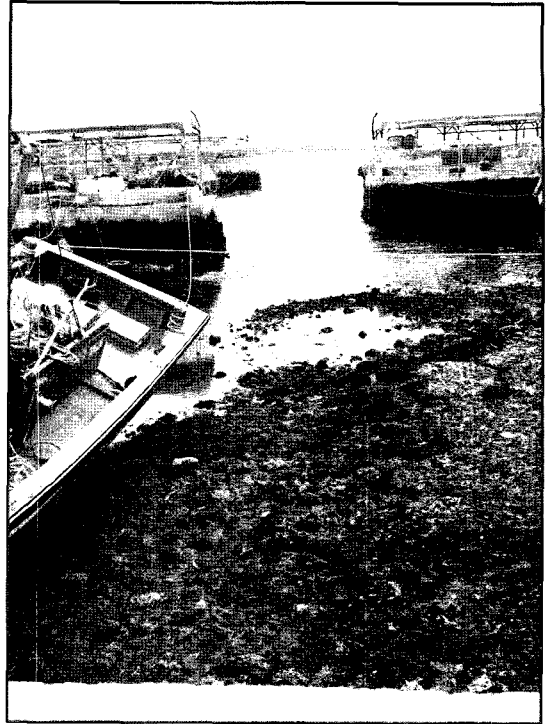


그림 4. 월파지점에서 촬영한 옹포리 포구 전경

3. 수치 모의

수치 계산은 표 1, 그림 5와 같이 50m 격자의 광역과 4m 격자의 상세역으로 나눠 수행되었다. 장파의 경우는 섬 후면에서 회절 및 굴절 효과로 인하여 입사파보다 큰 파랑이 형성되기도 하므로 이를 반영하기 위하여 비양도를 포함한 6.3km×7.0km 계산 영역이 광역으로 설정되었다. 상세역은 800m×800m에 해당되는 옹포리 일대 해안을 포함하며 물양장 위로의 범람을 모의하기 위하여 그림 6과 같이 물양장 상단에 해당되는 D.L.-2m 까지의 수심 자료상에서 수행된다. 입사파는 모두 서측(270°)에서 동일 위상과 파고를 갖고 유입되는 것으로 가정하였다.

표 1. 광역 및 상세역의 격자 망 구성

구분	광역	상세역
계산 영역	6.3km×7.0km	800m×800m
격자 간격	50m×50m	4m×4m
격자 수	126개×140개	200개×200개

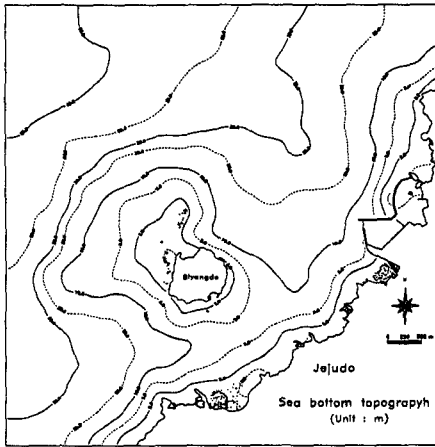
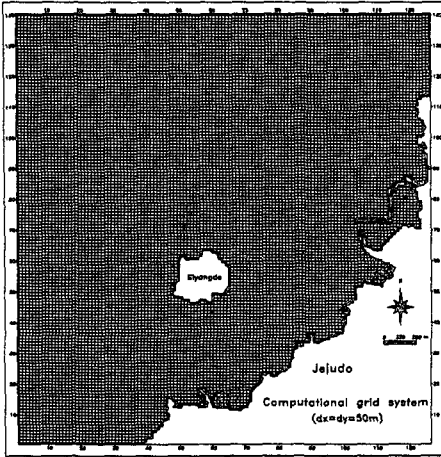


그림 5. 광역의 격자망도 및 등수심도

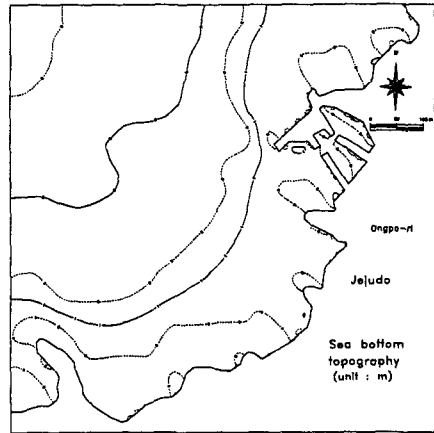
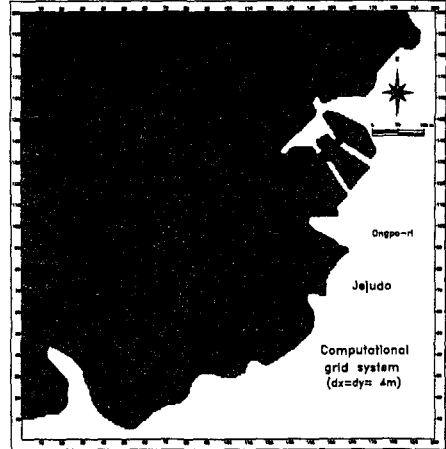


그림 6. 상세역 격자망 및 등수심도

4. 결 과

광역에서의 파고는 진폭은 10cm로 하여 선형과 모형인 WADEM을 이용하여 수치해석되었다(이, 2005). 주기는 10분과 15분에서 유사하게 4배 이상의 진폭 확대 현상이 옹포리 해안에서 발생하였다. 그림 7은 주기 10분인 경우 비양도 후면에 위치한 옹포리 해안에서 최대 83cm의 파고를 갖는 파가 내습했음을 보여주고 있으며 최대 수면을 갖는 순간의 snapshot이 그림 8에 도시되었다. 상세역은 범람 모의가 가능한 비선형 천수방정식을 이용하여 수치해석 되었다 (이 등, 2006). 파고 90cm이고 주기 10분인 입사파랑에 대하여 수치모의를 수행한 결과 그림 8, 9와 같이 옹포리 포구에서만 월파가 발생하여 주변 가옥 침수피해를 일으켰다. 주기별 월파 초우량을 계산한 결과가 그림 10에 도시되었는데 10분과 11분에서 가장 큰 월파량을 보이고 있다.

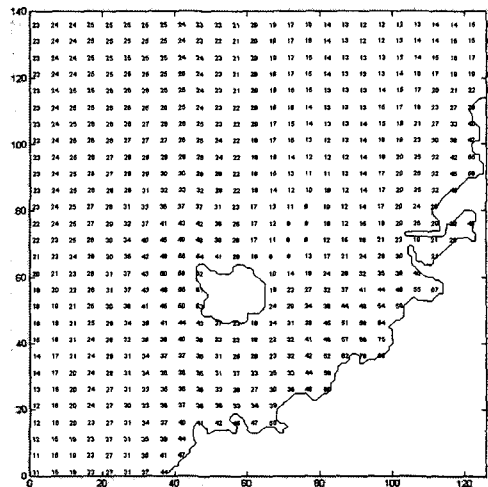


그림 7. 광역 모형 파고 결과 (단위 cm; 서측 입사; 주기: 10분)

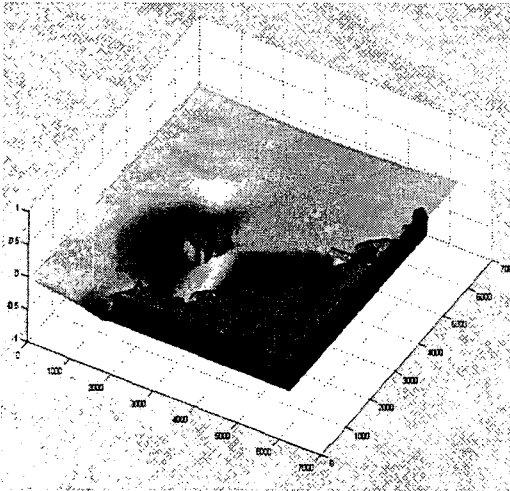
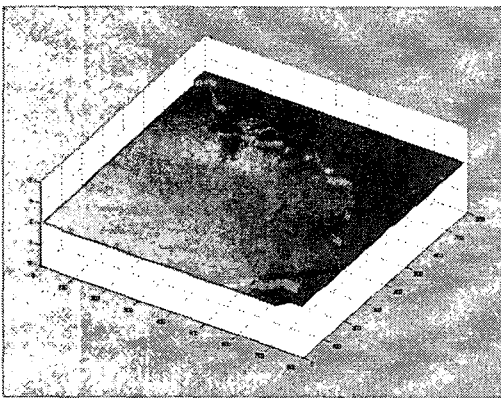


그림 8. 옹포리 포구에서 최대 수위를 보이는 시점에서의 결과

(a)



(b)

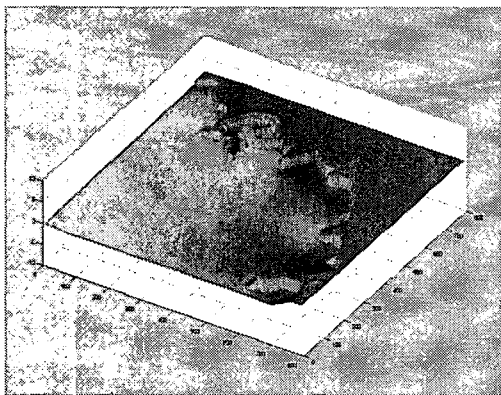


그림 9. 협역 범람 모의 결과: (a) 월파의 초기 발생 시점, (b) 월파의 범람 과정

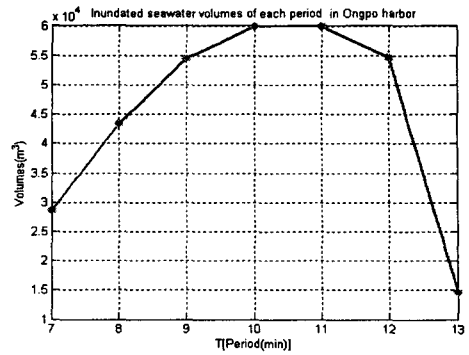


그림 10. 주기별 월파량 산정 결과

5. 결 론

2005년 2월 9일 제주도 북제주군 한림읍 옹포리 포구에서 바닷물이 갑자기 밀려왔다 빠져나가던 유사해일 현상이 범람 모형을 통하여 성공적으로 재현되었다. 장파 주기에 따른 월파량 변화를 살펴본 결과 옹포리 포구는 10분 내외의 장파에 대하여 상당히 취약한 입지 여건을 갖추고 있다. 특히 비양도 후면에 위치하여 10-15분 정도의 장파에 4배 이상의 파고 증폭 현상이 발생할 수 있으며 옹포리 해안은 주기 10-11분의 장파에 대하여 월파로 인한 침수 피해가 상당히 우려되는 것으로 수치해석 되었다.

포구에서의 해수 범람으로 인한 피해를 줄려면 포구 내만으로부터 북측 해안으로 해수를 배출할 해수 유통구를 둘 필요가 있다. 그림 9(a)에서 보는 바와 같이 포구 내만에 비하여 북측 해안은 수위가 낮아 수위차로 인한 배출 효과가 충분히 커 보인다.

참고문헌

- 이정렬, (2005). 항만설계를 위한 파랑 변형 수치모형, 한림원.
- 이정렬, 강주환, 문승록, 임홍수, (2006). Wave inundation at Mokpo Harbor, 2006년 한국수자원학회 학술발표회 초록집.