

지진해일 급습에 대비한 대피 시뮬레이션

Evacuation Simulation against Unexpected Tsunami Attacks

조 용 식* / 김 지 훈**

Cho, Yong-Sik / Kim, Ji-Hun

Abstract

The most effective and economic way for the mitigation planing against tsunami disasters is to develop an emergency action plan along the coastline vulnerable to unexpected tsunami attacks. The plan should be developed based on the historical tsunami events and the projected scenarios. In this study, an evacuation simulation is made based on the projected scenarios at Imwon Port as a part of the emergency action plan. The produced simulation could be used by the authorized organizations in a disaster training against tsunami attacks.

Keywords : EAP, tsunami, Imwon Port, evacuation simulation

요 지

지진해일 재해를 저감하는 가장 바람직하고 경제적인 방법은 예측하지 못하는 지진해일의 급습이 예상되는 해안을 따라 비상대처계획을 수립하는 것이다. 비상대처계획은 과거에 발생했던 지진해일과 사전에 기획된 시나리오에 근거하여 작성해야 한다. 본 연구에서는 비상대처계획의 일부분으로 임원항에 대하여 기획된 시나리오에 따라 대피 시뮬레이션을 제작하였다. 제작된 대피 시뮬레이션은 관련기관에서 지진해일 급습에 대비한 방재훈련에 이용될 수 있다.

핵심용어 : 비상대처계획, 지진해일, 임원항, 대피 시뮬레이션

1. 서 론

지진해일과 같은 자연재해의 피해를 최소화하기 위해서는 대비책을 마련하여 사전에 예방하는 것이 가장 바람직하다. 대표적인 재해예방대책인 EAP(Emergency Action Plan)는 비상대처계획을 의미하며, 갑작스럽게 발생할 수 있는 자연재해를 조사 분석하여 이를 토대로 비상대책 수립을 통해 인명 및 재산피해를 최소화하는 것이 핵심적인 목표이다. 지진해일 EAP 수립은 지진해일 급습 현장에서 주민들의 안전 및 생명보호에 가장 빠르고 안전한 대

처방법을 제시하며, 지진해일 범람시의 침수상황과 대피 방법 등의 정보를 주민에게 알기 쉽게 제공하는 것을 목적으로 한다(Cho et al., 2008; 2009).

지진해일 EAP는 현장조사와 수치모의를 병행하여 작성되는 것이 바람직하며, 특히 현장조사를 통해서는 지진해일에 의한 인명 및 재산피해는 물론 최초 해일의 도달 시간, 초요름높이 등과 같은 정보를 쉽게 구할 수 없기 때문에 EAP 수립에 앞서 반드시 수치모의에 의한 해석이 선행되어야 한다(Cho et al., 2009). 한반도의 동해안은 일본 서쪽 해안에 분포한 지진대를 따라 발생하는 지진해

* 교신저자, 한양대학교 공과대학 건설환경공학과 교수, 공학박사 (e-mail: ysc59@hanyang.ac.kr)

Corresponding Author, Professor, Dept. of Civil and Environmental Engineering, Hanyang University, Seoul 133-791, Korea

** 한양대학교 일반대학원 건설환경공학과 석사과정 (e-mail: k8k8k8@hanyang.ac.kr)

Graduate student, Department of Civil and Environmental Engineering, Hanyang University, Seoul 133-791, Korea

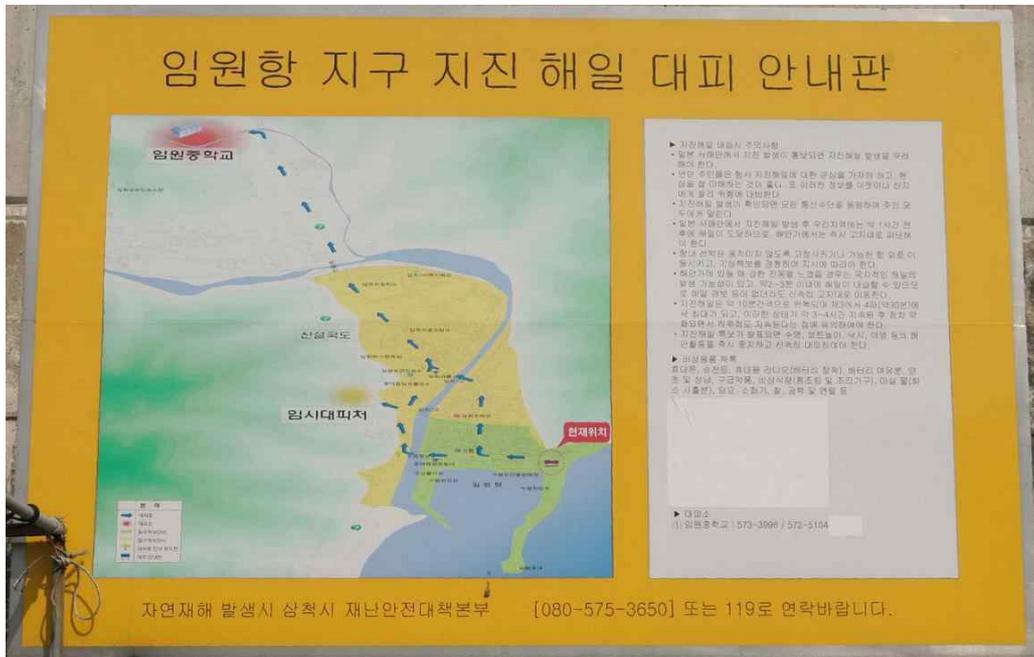


Fig. 1. Existing Tsunami Evacuation Guide at Imwon Port

일의 최종 도달 장소이며, 특히 동해안의 중간 지역은 동해에 존재하는 대화퇴로 인해 지진해일파가 집중되어 피해에 가장 취약하므로 지진해일 피해저감대책의 마련은 동해안 지역의 중요한 과제이다(Cho, 1995). 더욱이, 2010년 2월 칠레 및 10월 인도네시아 지진해일과 더불어 기후변화에 따른 해수면 상승으로 지진해일에 대한 위험성이 사회적으로 한층 높아짐에 따라 방어대책 수립이 요구되고 있다.

Fig. 1은 임원항의 외곽방파제 입구에 설치된 일종의 지진해일 재해정보도로 지진해일이 급습할 경우 대피 요령과 대피소 등을 보여주고 있다. 임원항은 강원도 삼척시 원덕읍에 위치하며, 어항으로 구분된다. 임원항은 동해 중부 지진해일(1983년 5월 28일 발생) 당시 우리나라에서 유일하게 사망 1명과 실종 2명의 인명피해가 발생했던 곳이다. 현재 임원항에는 초보적인 수준이기는 하나 지진해일 대피경로 및 대피소 등이 구비된 상황이다.

본 연구에서는 우리나라 동해안에서 발생 가능한 지진해일에 대비하여 비상대처계획을 수립하고, 이를 토대로 유사시에 사용 가능한 효율적인 대피계획을 마련하는 것에 중점을 두었다. 과거에 발생했던 지진해일 중 가장 큰 피해를 초래하였던 1983년 동해 중부 지진해일 발생 당시 임원항의 사례를 바탕으로 현장조사 결과 및 수치모형실험을 통해 비상대처계획을 수립하고 아울러 대피 시뮬레이션을 수행하였다.

제2장의 지진해일 대피계획의 수립에 있어서는 대피소를 지정대피소와 임시대피소로 나누어 하루, 즉 대피주민이 24시간 이내와 24시간 이상을 체재할 수 있는 장소로

구분하여 계획을 수립하였다. 제3장에서는 대피 시뮬레이션에 과정으로서 모두 3가지 경우의 시나리오에 대하여 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 결과는 지진해일 대피 훈련에 유용하게 이용될 수 있다. 제4장에서는 시뮬레이션을 임원항에 적용한 결과를 기술하였다. 모두 100명의 주민을 실제 상황에 투입하여 시뮬레이션 함으로써 지진해일 대피로의 타당성과 임시대피소의 필요성 등 EAP 요소들을 강조하였다.

2. 대피경로 및 대피소

비상대처계획 중 중요한 요소는 대피계획 수립이며, 특히 지진해일 내습 시 대피경로 및 대피장소가 적절치 못하면 대규모 인명 및 재산피해가 발생할 우려가 있기 때문에 신중하게 결정해야 한다. 대피경로 및 대피장소의 최적의 결정은 직접 대규모 인원이 참여한 모의실험을 통해 결정하는 것이 가장 바람직하다. 그러나 이러한 접근은 현실적으로 불가능하기 때문에 본 연구에서는 대상 지역의 지진해일 대피 시뮬레이션 모형을 제작하고 이를 적용하여 최적의 대피경로 및 대피장소를 지정할 수 있도록 하였다.

먼저, 대피경로를 지정함에 있어 대피가능거리를 산출하는데 다음과 같은 간단한 공식을 이용한다(日本内閣府, 2005).

$$L = V \times (T - t_1 - t_2) \quad (1)$$

Eq. (1)에서 L 는 대피가능거리, V 는 일반인의 보행속

도를 나타내며 장애인 또는 노약자의 경우 별도의 보행속도를 고려한다. 또한, T 는 특정지역에서 지진해일 예상 도달시간으로 수치모형으로부터 계산된 시간을 사용하며, t_1 은 지진이 발생한 후 대피시작까지 걸리는 시간으로서, 조사결과로 나온 각 지역주민의 의식이나 지리특성, 정보발령 후 소요되는 지체시간을 충분히 고려한 후 설정하며, t_2 는 높은 지대 및 고층까지 올라가는데 걸리는 시간을 나타낸다.

일반적으로 대피소는 임시대피소(Temporary shelter)와 지정대피소(Designated shelter)의 두 종류로 구분하여 지정한다. 임시대피소는 위험하고 다급한 상황을 피하기 위한 임시적 방편으로의 대략 24시간까지 체제가 가능한 대피소를 의미하며, 지정대피소는 이재민에게 피해복구 기간 동안 주거 기능을 대신해 주는 비교적 장기간 사용할 수 있는 대피소이다. 일반적으로 지정대피소는 대규모 인원을 수용할 수 있는 장소를 선정하는 것이 바람직하다. 대피소 선정은 서로 다른 기준을 통해 신중하게 이루어져야 하며, 대피 시뮬레이션을 통한 검증 또한 뒷받침되는 것이 바람직하다.

현장조사 결과 임원항의 경우 기존에 제작되어 현장에 설치된 지진해일 대피안내도에서는 지정대피소로 지정되어 있는 임원중학교까지 보통 성인의 걸음으로 대략 25분이 소요되었으며(김성민 등, 2007), 이는 실제 지진해일 급습 시 대피에 가장 취약한 어린이나 노약자들이 여유 있게 대피하는 것은 어려울 것으로 판단된다(Fig. 1). 지진해일 내습 시 해일이 성인 걸음 속도보다 매우 빠른 속도로 항내로 진입하기 때문에 현재의 방재계획에 따라 지정대피소로 이용할 경우 제한시간 내에 범람지역에서 벗어나지 못하여 인명피해가 발생할 가능성이 있다. 이에 본 연구에서는 다양한 조건을 고려하여 현장조사와 대피 시뮬레이션 결과를 바탕으로 임시대피소와 지정대피소를 지정하였으며, 위치별 대피경로도 지정하였다.

어느 특정 임시대피소의 수용가능범위를 다음과 같은 공식을 이용하여 사전에 설정하여 사용할 수 있다(日本内閣府, 2005).

$$L = \left[\frac{P}{\pi D} F \right]^{1/2} \quad (2)$$

Eq. (2)에서 L 은 수용이 가능한 범위, 즉 거리를 나타내며(단위: meter), P 는 수용인원(단위: 명), D 는 인구밀도(단위: 명/m²)이다. 또한, F 는 대피영역의 형상에 따른 계수로 원형일 경우 1, 반원형일 경우 0.5 그리고 사분원일 경우에는 0.25의 값을 갖는다.

일반적으로 임시대피소의 수용인원은 단위면적당 수용인원을 기준으로 지역의 인구밀도를 고려하여 경우에 따

라 1명/m² 또는 2명/m²으로 설정하는 것이 바람직하다. 특히, 대피상황에서 대피소 수용인원이 초과되는 등의 혼란이 발생하지 않도록 대피소의 위치를 효율적으로 선정하는 것이 매우 중요하다. 또한 대피소 수용가능범위를 산정하여, 범람 예상 지역 대피소들의 수용가능범위에 공백이 생겨 대피 곤란자가 발생하지 않도록 대피소를 설정해야한다.

대피경로와 대피소 등을 고려하여 Fig. 1에 제시한 기존의 임원항 대피 정보를 수정하여 새롭게 제작한 임원항 지진해일 대피도를 Fig. 2에 도시하였다. Fig. 2에서는 기존의 임원중학교를 지정대피소로 설정하고, 해안으로부터 5분 이내에 대피가 가능한 6곳을 임시대피소로 결정하였다. 임시대피소는 지진해일 경보가 울렸을 때 최대 10분 이내에 대피가 가능하고, 지진해일 지속시간을 견딜 수 있는 충분한 강도를 가진 철근콘크리트조로서, 10m 이상 높이를 기준으로 설정하였으며, 야산 정상 2곳을 임시대피소로 결정하였다.

임시대피소를 선정함에 있어서는 상위 기술한 대피가능거리와 대피소 수용가능범위를 활용하였다. 대피가능거리를 산출하는데 필요한 요소인 이동속도는 직접 측정하거나, 보행속도에 관한 연구자료(박세진 등, 2007; 홍해리 등, 2010)를 반영하여, 일반 성인의 이동속도는 1.9m/s

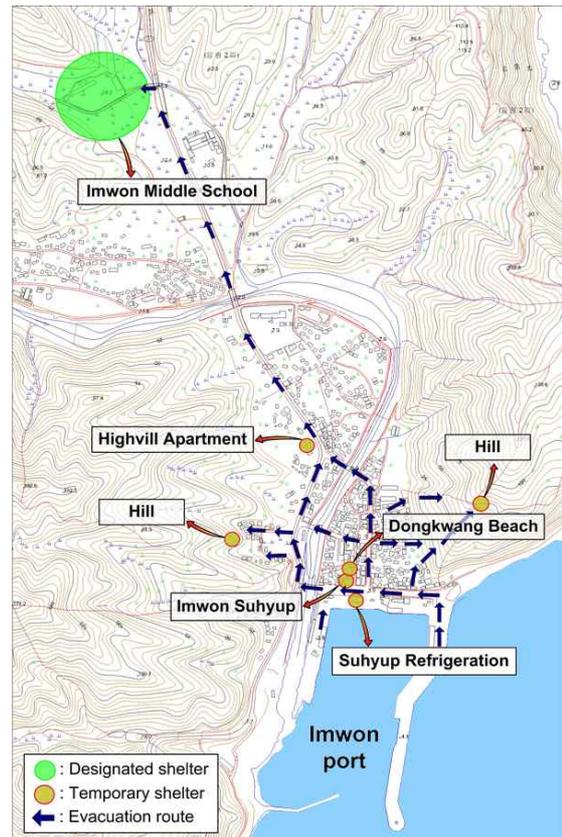


Fig. 2. Tsunami Evacuation Plan at Imwon Port

(약 6.8 km/hr), 노약자의 이동속도는 1.0 m/s (약 3.6 km/hr)로 적용하였다. 또한, 대피 준비에 소요되는 시간을 지진해일 경보 발령 후 임시대피소까지 대피할 수 있는 10분으로 설정하였으며, 대피가능거리는 성인 1,140m, 노약자 600m로 판단할 수 있으며, 대피가능거리가 임원항 전체 면적을 충분히 포함할 수 있게 된다.

또한, 인구가 집중되어있으며 범람 시 가장 위험한 항구지역을 중심으로 임시대피소의 기준에 부합하는 건물들을 임시대피소로 선정할 결과, 원덕수협빌딩 200명, 수협냉동창고, 동광비치호텔 및 하이빌아파트가 300명씩을 수용할 수 있어 인근 야산을 포함할 경우 충분한 대피소의 수용 능력을 확보할 수 있고, 범람 지역의 대피소 수용 가능범위에 공백 지역이 발생하지 않는다.

야산은 임시대피소로 가장 좋은 곳이나 노약자나 어린이와 같이 대피능력이 상대적으로 뒤떨어지는 대피 대상자들이 이용하기에는 상대적으로 어려움이 있음을 주의하여야 한다. 따라서, 노약자의 경우 인근 야산 보다는 철근콘크리트 구조물의 대피소로 대피하는 것이 바람직하며, 각 지자체별로 노약자는 물론 거동이 불편한 대피자를 지속적으로 관리하여 재해 발생 시 각 담당자들이 대피자들에게 도움을 줄 수 있도록 체계적인 시스템을 구축하여야 한다.

3. 대피 시뮬레이션 모형

대피 시뮬레이션을 모의하기에 앞서 임원항에 대한 지진해일 가상 시나리오를 작성하였다. 지진해일 가상 시나리오란 지진해일의 발생과 그에 따른 피해규모 및 방재계획 등을 설정한 것으로 지역 주민들의 대피개시 시각, 대피수단, 대피경로, 대피소 개수 및 위치, 지역 주민들의 나이 및 건강상태, 지리인지도, 방재용 기자재 및 요원의 배치계획, 대피 유도인원 배치계획, 응급활동인원 동원계획, 정보전달 방법 및 시기 등이 이에 포함된다(박성규 등, 2009). 대피 시뮬레이션을 사용할 경우, 지정대피소와 임시대피소의 위치에 따른 대피에 소요되는 시간과 인명피해의 예측이 가능하기 때문에, 피해를 최소화하는 최적의 대피로 및 대피소 선정이 가능하다.

지진해일 가상 시나리오에 따라 대피 시뮬레이션 결과가 상이하게 나올 수 있기 때문에 실제 현장 자료를 근거로 한 시나리오 작성은 신뢰성 있는 대피 시뮬레이션을 위해 중요하다. 따라서 본 연구에서는 지진해일 가상 시나리오를 작성하기 전에 현장조사를 실시하고 검증된 수치모형실험 및 수리모형실험을 반복 수행하여 가상 시나리오가 사실에 근사한 자료가 될 수 있도록 하였다(김성민 등, 2007; 박성규 등, 2009; Sohn et al., 2009).

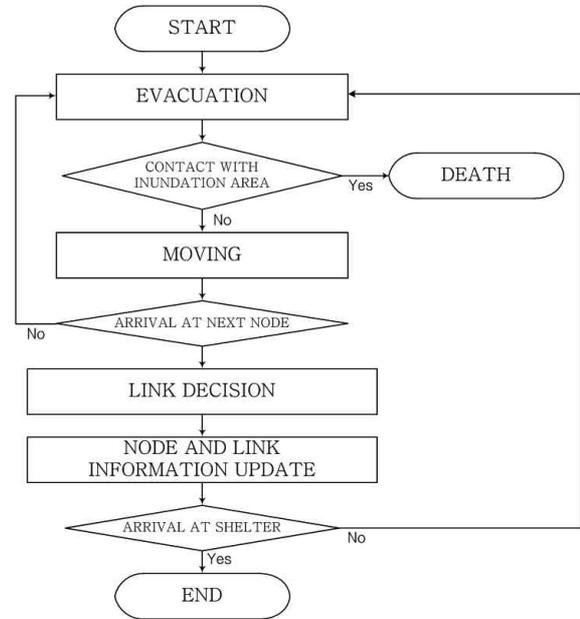


Fig. 3. Action Scenario of Refugees in Tsunami Evacuation Simulation

사용되는 대피 시뮬레이션의 구조는 다음과 같다. 먼저 격자를 구성하고, 노드와 링크의 정보를 입력한다. 다음 대피자들의 정보를 입력한 후 수치모의를 수행하게 된다. 이때 링크 사이의 표고 차이에 의한 경사도, 각 대피자들이 교차되거나 경로에서 만날 경우 생기는 교차 밀집도 등의 요소들이 보행속도에 영향을 주게 된다. 대피자들은 대피소를 만나거나 범람 시 해일에 접촉하게 될 때 이동을 멈추게 된다(Fig. 3).

본 연구에서는 대피 시뮬레이션은 세 단계로 나누어 수행하였다. 첫 번째 단계로 가상 시나리오를 작성하였고, 두 번째 단계에서는 이를 토대로 수치모형격자를 구성하였다. 마지막 세 번째 단계에서는 가상 대피자들의 데이터를 입력 하였다.

먼저, 단순화된 지진해일 가상 시나리오를 작성하여 임의로 대피경로 및 대피소 위치 등을 결정하고, 두 번째로 수치모형의 격자망을 구성하였다. 수치모형격자는 기준 격자점이 되는 노드(node)와 각각의 노드를 연결해주는 링크(link)로 구성되어 있으며, 링크는 현지의 도로(차도, 보도 등)를 나타내며, 노드는 도로와 도로가 만나는 교차점을 나타낸다(Fig. 4).

실제 현장조사를 통해서 측정한 자료와 임원항의 도시계획도 자료를 바탕으로 도로의 정보(경사도, 너비, 길이, 표지판 등)를 입력하였고, 모두 58개의 링크와 51개의 노드로 구성된 임원항의 수치모형격자를 완성하였다(Fig. 5). 수치모형격자 구성 후 마지막으로 각각 가상의 지역주민에 대한 대피능력 자료를 구축하였다. 자료에는 지역주

민과의 인터뷰 조사 자료를 바탕으로 대피자의 대피수단, 이동속도, 건강상태, 대피개시 시각 등으로 구성되었으며, 항만 근처와 시내에 가상 대피자의 대피 시작 위치를 무작위로 설정하였다. 또한, 대피자의 대피 정보 인지도에 따른 대피 소요시간 비교를 위하여 인지도를 설정하였는데, 인지도가 100으로 설정되었을 경우 대피로를 정확히 파악하여 이동하며, 인지도가 0에 가까워질수록 시뮬레이션 내의 대피자가 합리적인 대피로를 찾지 못하도록 하였다. 모든 자료를 작성한 후 대피 시뮬레이션을 수행하여

대피 소요시간을 예측하였다.

대피모형과 범람모형을 각각 수치모의하여 합성하면 대피양상을 파악할 수 있으나 범람에 따른 수치모의결과만 이용해서는 범람의 정도만 파악할 수 있기 때문에 적절한 인명피해상황을 예측하기가 어렵다. 따라서, 본 연구에서는 두 모형을 동일한 격자망으로 구성하고 시간간격도 일치시켰다. 이러한 방법으로 대피 수치모형과 지진해일 범람 수치모형을 동적 연결하였으며, 완성된 수치모형으로 범람과 이에 따른 주민들의 대피상황을 파악하였다.

임원항의 경우, 지진해일이 도달하였을 때의 대피 상황 시나리오로 총 세 가지 상황을 가정하여 모의하였다. 첫 번째 시나리오는 모든 주민이 대피소 위치에 대해 확실히 인지하고 있고 대피 훈련을 통해 이동 경로를 숙지하고 있는 상황을 가정하여 주민들이 최단 경로를 통해 최단 시간 안에 대피소로 이동할 수 있도록 설정하였고, 두 번째는 대피소 위치에 대한 홍보와 교육이 부족하고 대피 훈련이 이루어지지 않아 대피소 이동 경로를 숙지하지 못한 주민이 많이 존재하는 상황을 가정하였다. 마지막 시나리오는 임시대피소를 두지 않고 지정대피소(임원중학교)만 설정하였다.

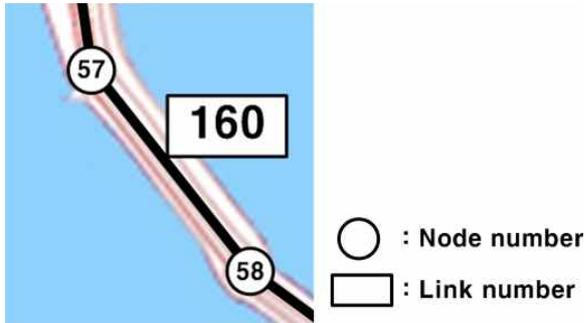


Fig. 4. Definition of Node and Link

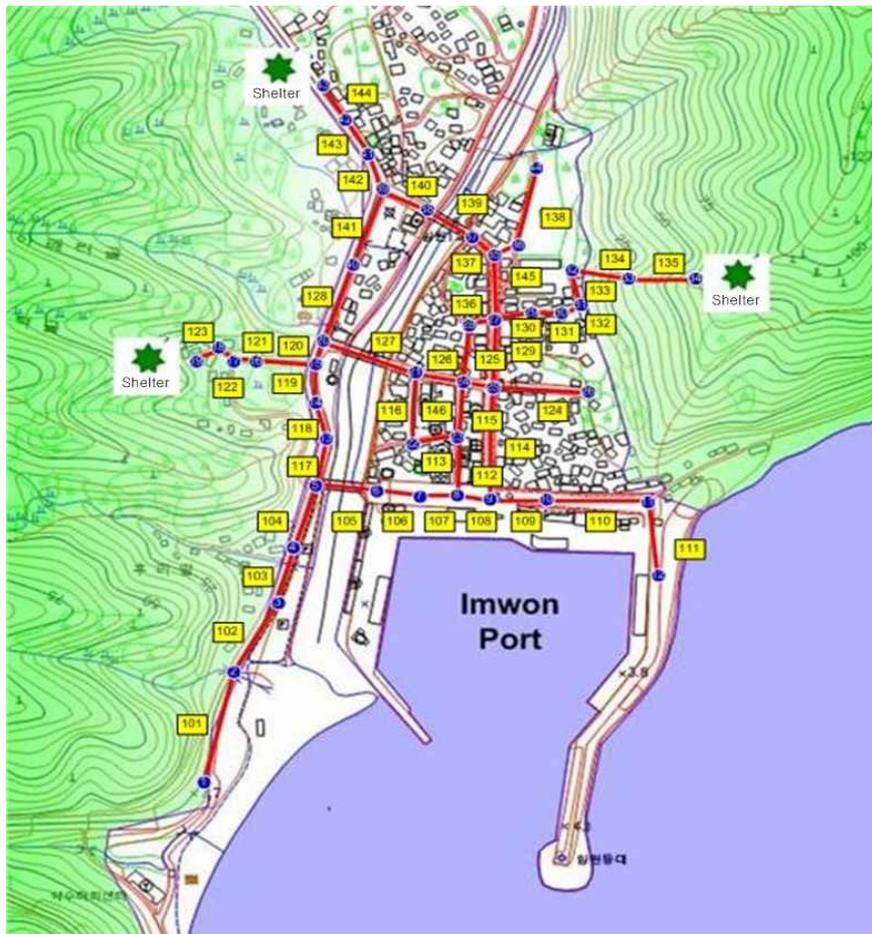


Fig. 5. Structure of Nodes and Links in Tsunami Evacuation Simulation

Table 1. Conditions for Each Scenario

Description	No. of Shelters	Cognition Rate
Scenario 1	6	100 %
Scenario 2	5	50 %
Scenario 3	1	100 %

시뮬레이션에서 대피자는 노약자와 일반 성인으로 나누어 이동속도를 다르게 설정하였다. 이동속도는 2장에서 대피자의 대피가능거리 산출에 적용했던 일반 성인과 노약자의 보행속도를 사용하였으며, 대피경로 인지도는 대피경로를 숙지하고 있을 경우 100으로 하였고, 그렇지 않은 경우에는 0으로 하였다.

본 연구에서 수행한 대피 시뮬레이션은 실제 지진해일의 급습 시 실시간으로 이용할 수는 없다. 그러나 대피 시뮬레이션은 지진해일 대피 훈련 시 주민들에게 평상 시 대피소 위치, 대피로, 수용 가능한 인원 등을 알려줄 수 있는 매우 유용한 수단이다. 따라서 지방자치단체의 관련부서에서 재난훈련 때 사용 가능할 것이다.

4. 적용 및 결과

Figs. 6~8은 임원항의 세 경우 가상 시나리오에 따른 대피 시뮬레이션 결과이다. 각 시나리오별로 100명의 주민이 대피함을 가정할 때 임시대피소 6개가 지정되고, 대피자 모두가 대피소와 대피로를 정확히 인지하고 있는 시나리오 1의 경우 대피 경보 발령 30분 후 주민들이 위험지

역을 모두 벗어나 인명피해가 발생하지 않았으나, 대피소와 대피로의 인지가 부족한 시나리오 2와 임시대피소가 설정되지 않은 시나리오 3의 경우에는 주민들 중 일부가 위험지역을 벗어나지 못하여 범람으로 인해 인명피해가 발생하였다.

5. 결론

기상청에 따르면 한반도 주변 해역에서는 최근 10년간 연평균 20회 이상의 해저지진이 발생하고 있으며, 특히 우리나라도 1983년 동해 중부 지진해일로 인한 인명피해 사례가 있어 지진해일에 대한 안전지역임을 쉽게 장담할 수 없는 상황이다. 최근 우리나라의 재해관리 경향은 예방은 물론 대응, 복구의 중요성을 강조하고 있으며, 대피 시뮬레이션은 체계화된 재해대응체계 구축과 방재훈련에 필수적인 요소이다.

임원항에서 대피 시뮬레이션을 적용한 결과 주민들의 대피경로 인지도의 차이와 임시대피소의 유무여부가 인명피해 발생에 중요한 변수로 작용할 수 있음을 보여주었다. 이는 주민들의 지진해일의 대피경로에 대한 정확한 인지 및 임시대피소의 추가 선정이 신속한 대피 계획에 있어 효율적임을 입증하였다. 과거 지진해일에 의한 피해경험이 있는 임원항의 경우에도 활용 가능한 임시대피소를 추가로 선정하는 것은 더욱 안전하고 효율적인 대피계획을 위해서 바람직한 방법이 될 것으로 판단된다. 또한, 신속한 예보 및 경보 발령이 이루어질 경우 충분한 대피 시간을 확보하여 인명피해를 최소화할 수 있기 때문에 관련 부처

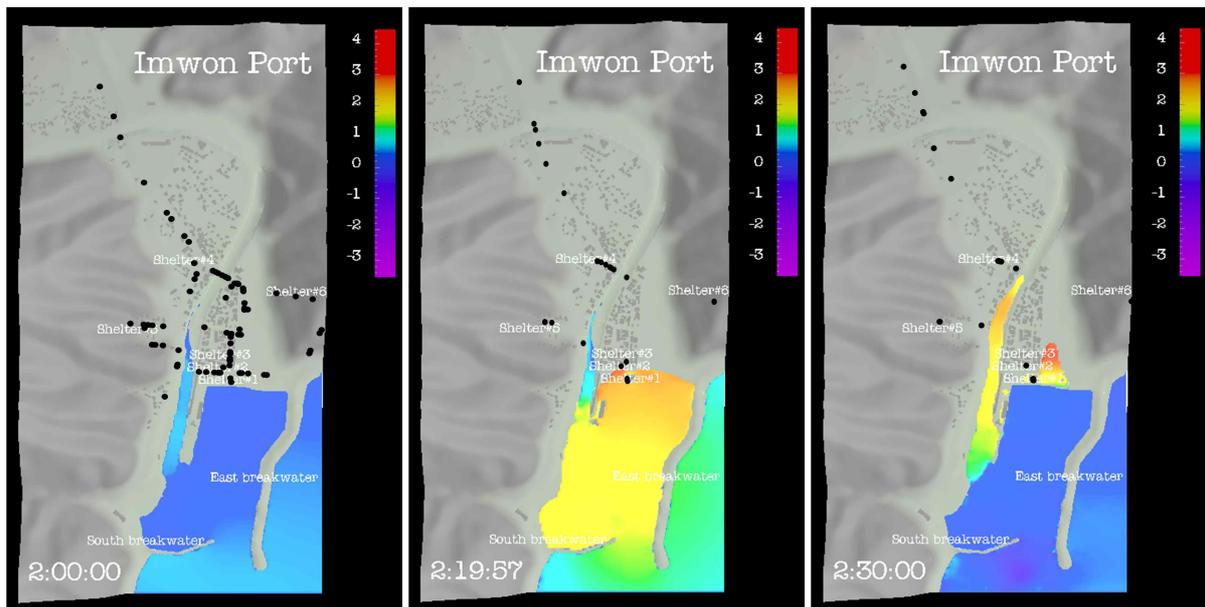
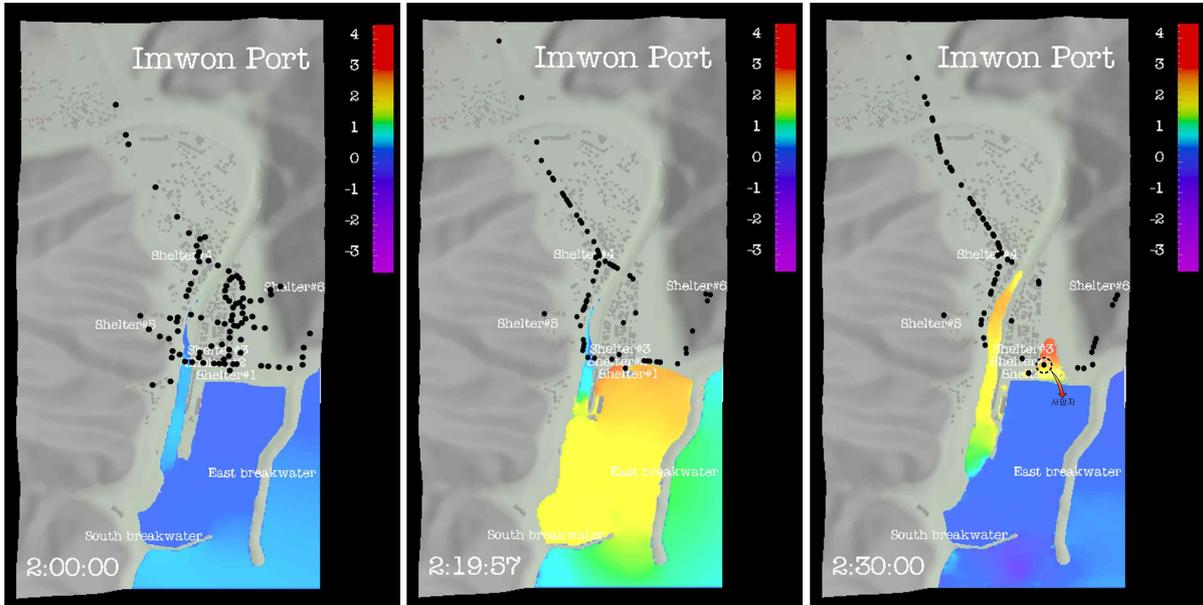


Fig. 6. Tsunami Evacuation Simulation at Imwon Port (Scenario 1)

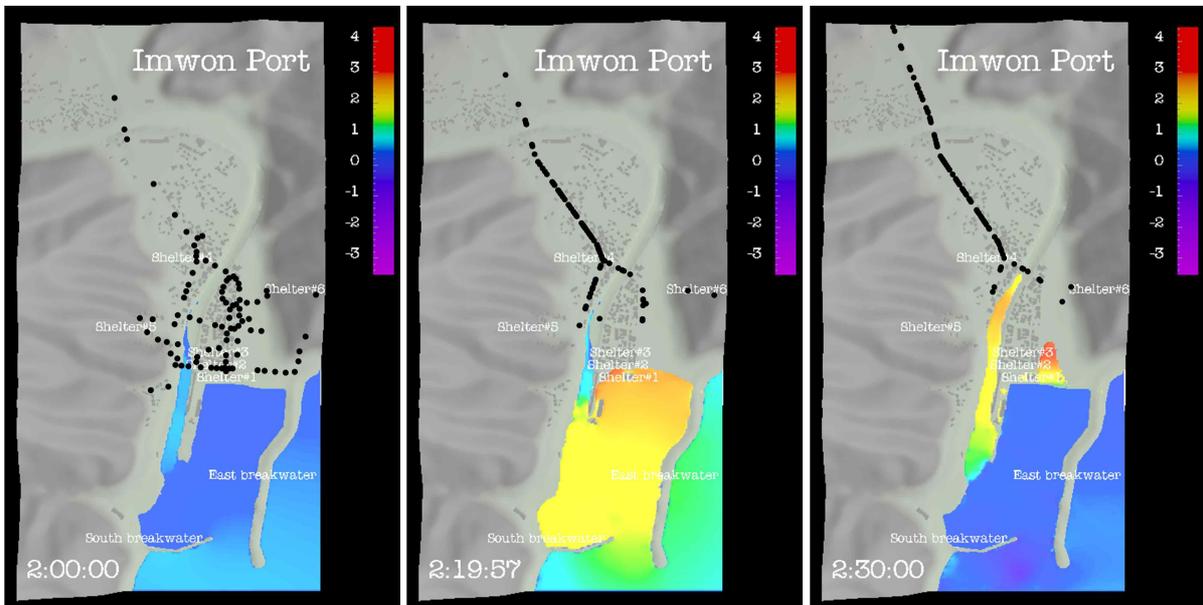


(a) after 120 min

(b) after 140 min

(c) after 150 min

Fig. 7. Tsunami Evacuation Simulation at Imwon Port (Scenario 2)



(a) after 120 min

(b) after 140 min

(c) after 150 min

Fig. 8. Tsunami Evacuation Simulation at Imwon Port (Scenario 3)

간의 유기적인 해저지진 감시 및 정보전달이 필요하다. 본 연구에서 제시한 임원항의 대피 시뮬레이션은 세 경우의 시나리오에 따른 대피 현황을 모의한 것으로 물론 실제 상황과는 다소 다를 수 있다. 그럼에도 불구하고 이와 같은 시뮬레이션은 주민들은 물론 각 지방자치단체 및 유관기관 담당자들을 대상으로 지진해일 재해의 위험성을 교육할 때 좋은 시청각 자료가 될 것이다. 특히, 대피를

하지 않고 지진해일이 급습하는 현장에 머물 경우 목숨을 잃을 수도 있음은 물론 내습에 대비한 합리적인 대피 경로를 보여줌으로서 교육의 효과를 한층 더 높일 수 있다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평

가원에서 위탁시행한 건설기술혁신사업 (08기술혁신F01)에 의한 차세대 홍수방어기술개발연구단의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

김성민, 이승오, 최문규, 조용식 (2007). 1983 동해 중부 지진해일 현장조사: 임원항. **한국방재학회논문집**, 한국방재학회, 제7권, 제4호, pp. 97-105.

박성규, 하태민, 조용식 (2009). 삼척항의 지진해일 EAP. **한국방재학회 학술발표대회 논문집**, pp. 187-189.

박세진, 이준수, 강덕희, 정은희, 전효정, 박성빈, (2007). 연령에 따른 보행속도 및 보폭에 대한 고찰. **대한인간공학회 학술대회논문집**, pp. 430-434.

홍해리, 김동은, 서동구, 황현배, 권영진, (2010). 고령자 피난안전을 위한 군집형성시 수평적 보행속도 조사연구. **한국화재소방학회 학술대회논문집**, pp. 311-316.

Cho, Y.-S. (1995). Numerical simulations of tsunami propagation and run-up, PhD Thesis, Cornell University, USA.

Cho, Y.-S., Lakshumanan, C., Choi, B.-H. and Ha, T.-M., (2008). Observations of run-up and inundation levels from the tele tsunami in the Andaman and Nicobar Islands: A field report, *Journal of Coastal Research*, Vol. 24, No. 1, pp. 216-223.

Cho, Y.-S., Lakshumanan, C., Choi, B.-H., Lee, S.-O. and Hwang, K.-N., (2009). A field report on the impact of the 2004 Sumatra Tsunami along the Southeast Coast of India, *Coastal Engineering Journal*, Vol. 51, No. 1, pp. 1-26.

Sohn, D.-H., Ha, T.-M. and Cho, Y.-S., (2009). Distant tsunami simulation with corrected dispersion effects, *Coastal Engineering Journal*, Vol. 51, No. 2, pp. 123-141.

日本内閣府 (2005). 津波避難ビル等に係わるガイドライン. pp. 10-21.

논문번호: 10-098	접수: 2010.11.15
수정일자: 2010.11.23/11.30	심사완료: 2010.11.30