

강원도 동해안 연안지역 대규모 개발사업에 따른 지진해일 재해저감방안에 관한 연구

천성인

강원도 동해안 연안지역은 일본 서해 지역에서 규모 7.5 이상 지진이 발생하면 2시간내에 지진해일 피해를 유발시킬 수 있음에도 불구하고 최근 대규모 개발사업이 증가 추세에 있다. 이에 따른 재해 발생이 예상되고 있으며 연안지역 특성을 고려한 지진해일 재해저감 방안을 모색하면 다음과 같은 결론을 도출하였다. 전문가 설문조사에 의하면 1) 지진해일에 대한 사전재해예방이 필요하다는 의견을 73.8%, 이중 강원도 사전재해영향성검토위원은 94% 이상 제시하였다. 2) 재해예방적 측면에서 정책사업으로 해안 방재림 조성 73.8%, 해일 및 파도 방지 시설 설치 68.2%, 방파제 55.1% 의견을 제시 하였다. 이는 동해안 연안지역 재해저감에 대한 정책결정의 우선순위 기준이 될 수 있을 것이며 해안 방재림은 지진해일 피해저감 효과와 완충공간으로서 중요성을 볼 때 대규모 개발사업시 우선적으로 고려되어야 할 사항이다.

주제어: 동해안 연안지역, 대규모 개발사업, 재해저감, 지진해일, 쓰나미

1. 서론

최근 지구 온난화와 이상기온 등으로 재해 발생이 빈번해지고 대규모화 되고 있으며, 특히 동해안 지역은 지형적 특성뿐 만아니라 해수면 높이 및 온도 상승으로 다양한 자연재해가 발생하고 있다. 2011년 3월 일본 동북부 지진해일 발생 등 대규모 지진 발생으로 한반도 동해안이 지진해일에 안전한 지역은 아니며 항상 피해 우려가 상존하고 있다. 일본 서해안에서 규모 7.5 이상의 역단층 운동형태의 해저지진이 발생한다면 1시간 30분 정도 후 우리나라 동해안에 지진해일 피해를 유발시킬 수 있다. 또한 1983년 일본 혼슈 아키다현 서쪽 근해에서 발생한 규모 7.7 지진으로 강원도 삼척시 임원항을 비롯한 동해안 일원에 지진해일 피해를 입은 경험이 있었다.

그럼에도 불구하고 강원도 동해안은 아름다운 경관에 대한 장점으로 대규모 개발사업이 최근 증가 추세에 있어 재해발생이 예상되므로 동해안 연안지역의 지역적 특성을 고려한 사전재해예방 개념이 도입된 개발계획의 필요성이 제기되고 있다.

자연재해 영향을 미치는 개발사업으로 인한 재해유발요인을 예측·분석하고 대책을 강구하기 위한

목적으로 사전재해영향성검토협의제도를 시행하고 있으나 지역적인 특성을 고려하지 못하고 있으며 방재분야 전문가들도 현행 제도의 문제점에 대하여 많은 의견을 제시하고 있다.

정약용 목민심서 구재(救災)편에 보면 "思患而預防 又愈於既災以施恩"이라 하였다. 이는 '환난이 있을 것을 생각해서 예방하는 것이 또한 이미 재앙을 당하고 은혜를 베푸는 것보다 나은 것이다.'라고 관료와 수령들에게 전하는 말을 남겼다. 우리는 매년 재해를 당할 때마다 재해예방을 위해 완벽 복구를 해야 한다고 하고 있으나 시간이 지난 후에는 곧 잊혀 가고 있는 실정이다. 우리가 생활속에서 비가 올 것을 대비하여 우산을 준비하는 것은 당연한 일인 것처럼 국민의 안전을 책임지는 국가는 재해예방을 항상 국민들에게 어진(仁) 정치의 시발점이라는 사고에서 출발되어야 할 것이다.

본 연구에서는 매년 발생하는 자연재해에 대하여 사전재해예방 차원의 계획이 이루어지지 않고 사후복구 개념의 재해대책으로 이루어지고 있는 정책으로부터 벗어나 강원도 동해안 연안지역에 대규모 개발사업 계획 시 지역적 특성을 고려한 지진해일 재해저감에 대한 방안을 모색하는데 연구의 목적이 있으며, 연구 방법은 문헌 조사를 통하여 강원도 동해안 연안지역의 지형적 현황 및 역사적으로 발생한 지진해일과 최근 사례를 파악하였다. 또한 동해안 지역에서 개발사업 계획 시 고려되어야 할 재해저감 일환으로 지진해일에 대하여 개발 및 방재분야 전문가 그룹을 대상으로 한 설문을 분석하여 필요성과 중앙정부와 지방자치단체에서 해야 할 정책사업 우선순위 등을 분석하였다.

II. 이론적 배경

대규모 개발사업이란 용어의 개념과 정의를 연구 또는 법률적으로 구체적이고 정확하게 기술하지 못하고 있는 실정이다. 법률상으로 대규모 개발사업이란 용어를 사용한 국가재정법 시행령 제14조에 따르면 총사업비가 500억원 이상인 사업을 말하며, 건축사업의 경우 총사업비가 200억원 이상인 사업을 지칭하고 있다. 수도권 정비계획법 및 국가통합교통체계 효율화법, 신발전지역의 종합발전구역 및 관련 계획의 작성 등에 관한 업무지침 등에서는 택지조성사업과 도시개발사업·지역종합개발사업은 100만㎡ 이상, 공업용지조성사업은 30만㎡ 이상, 관광지조성사업은 10만㎡ 이상으로 사업종류별로 다양하게 제시하고 있다.

본 연구에서는 자연재해대책법에 의하여 행정계획 또는 개발사업으로 추진하는 대상에 대하여 자연재해예측 및 저감방안을 제시하는 사전재해영향성검토 협의대상의 면적과 개별법으로 다양하게 다루고 있는 내용들을 종합해 볼 때 일반적으로 통용될 수 있는 대규모 개발사업에 대한 규모로 10만㎡ 이상의 개발사업으로 제시하고자 한다.

동해안 연안지역의 지질해일에 대한 선행연구로는 지진해일 사례조사, 위험도, 지진해일지도 작성, 예경보시스템 구축, 제도적 보완 등 비구조적인 면에서 다양하게 연구하였다.

이호준(1998)은 동해안에서 지진해일에 대한 위험도 평가로 지진해일의 거동 특성과 기록 조사, 동

해안에서 발생한 지진해일의 수치모형 수립, 예상 지진해일의 산정과 위험도를 평가하였다. 특히 일본 서해안 지역에서 발생한 지진으로 인한 우리나라 동해안 지역의 1983년, 1993년 지진해일 경험과 앞으로 지진 발생률이 높고 지진으로 인한 지진해일이 예측되는 지진 공백역을 제시하였다.

이호준(2000)은 해안 형태에 따라서 돌출사주, 평활한 해안선, 단구형식 해안, 얕은 수심의 만입구에 대하여 지진해일의 거동을 제시하였으며, 사례조사로서 임원항 지진해일 범람 관측결과를 도출하였다. 또한 이호준(2001)은 동해안 지진해일 예경보체계 구축 예시와 임원항 지진해일 범람도를 작성하여 제시하였다.

추교승(1999)은 우리나라 역사지진에 대한 진앙분포와 자료 평가, 동해안 지역에서의 지진해일 역사 기록을 수록하였으며, 중국과 일본에서 발생한 지진으로 인한 우리나라 피해기록을 비교 검토하였다.

강익범(2005)과 조용식(2005), 이호준(2005)는 2004년 인도네시아 동해안 지진해일을 계기로 우리나라 지진해일에 대한 위험성을 역사기록과 최근 기록을 수록하였으며, 다양한 방재정책으로 예보시스템 보강, 제도적 문제, 체계적인 방재대책 등 중요성을 부각하였다. 또한 정병표(2011)는 일본 동북부 지진해일의 피해현황과 복구차원의 비구조적 방법에 대하여 설명하였다.

김경남(2005)은 동해안 연안지역의 특성과 미국과 일본 연안관리에 대한 사례를 제시하였으며, 해안 사구와 방재림이 재해의 완충공간으로서 역할과 연안재해 감시 시스템 구축과 연안관리 사업의 연계성에 대하여 논하였다.

전근우(2006)는 해안 방재림의 조성과 관리방안에 대한 주요 기능으로 방풍, 지진해일, 비사 등에 관한 내용과 주요 사례등을 연구하였으며, 특히 지진해일에 대한 저감 효과로 폭 30m의 해안 방재림의 조성으로 지진해일의 속도는 60% 이하, 에너지는 20% 이하로 저감한다고 제시하였다.

1. 강원도 동해안 지형적 특성

강원도 지역은 한반도 중앙부 동측에 위치하고 태백산맥을 중심으로 크게 영동지역과 영서지역으로 구분되며 동쪽은 약314km에 걸쳐 해안선을 이루고 있다. 강원도 18개 시군중 동해안 연안지역에 있는 행정구역은 강릉시, 동해시, 속초시, 삼척시, 고성군, 양양군 6개 시군으로 분포되어 있으며, 동해안 6개 시·군 면적은 약3,831km로 강원도 전체 면적의 22.67%를 차지하고 있다.

<표 1> 강원도 경·위도상 위치 및 면적

구분	지명	경·위도	연장거리
동단	삼척시 원덕읍 월천리	동경 129° 22'	동서간 약150km
서단	철원군 철원읍 대마리	동경 127° 05'	
남단	영월군 하동면 내리	북위 37° 02'	남북간 약243km
북단	고성군 현내면 송현진리	북위 38° 37'	

강원도의 총면적은 약20,569km²이며 이중 임야는 81.0%인 13,665km²이며 농경지는 9.9%에 해당하는 1,668km², 기타 9.1%로 구성되어 있다. 강원도의 면적 대부분은 산지로 형성되어 있으며 한반도의 척추인 태백산맥을 분수령으로 동쪽은 경사가 급하여 해안평야의 발달이 취약하고, 서쪽은 경사가 완만하여 남한강·북한강의 대하천이 발달하고 산지가 여러 곳에 분포되어 있다. 영동지역은 가파른 산자락이 동해와 맞닿아 평지가 협소하지만 대관령, 미시령, 진부령, 한계령 등 많은령과 계곡이 산재하고 있어 그 경관이 빼어나다. 산맥의 급한 경사면을 따라 내려와 바다로 연결되는 영동지방은 해양성기후에 가까운 기상특성을 보이고 있으며 산맥의 급경사면이 바다와 접해 있어 평야지역은 거의 없으며, 해안선을 따라 좁고 길게 형성되어 있다.

2. 강원도 동해안 연안지역 특성 및 현황

연안지역의 공간적 특성은 인류문명이 물가에서부터 시작되었듯이 연안지역의 공간 역시 오랜 세월 동안 인간활동의 근거지였으며 현재에도 이용에 대한 집약도가 높은 지역이다.

자연환경적 측면에서의 연안공간은 바다와 육지가 만나는 곳으로 갯벌, 사구, 호안, 모래 등으로 형성되어 있어 생태계의 보고라 할 수 있다.

사회적인 측면에서 볼 때 연안공간은 주거생활공간, 향만공간, 산업단지공간, 해안레저 및 문화공간으로 기능이 확대되어 이용 형태가 점차 다양화되고 있다. 또한 연안은 심미적·경관적 가치의 중요성이 부각되고 있으며 생활 패턴의 변화로 인하여 연안공간이 관광·휴양·레크리에이션 공간으로서 사회적인 수요가 다양해짐에 따라 연안관리문제는 도시, 산업, 휴양, 환경 등 인간생활의 모든 영역이 복합된 문제로 발전하고 있다. 해안선과 인접한 연안지역에서 각종 개발에 따른 해안선의 작은 인위적 변화에도 주변 해안지형이 변형되기도 하며, 연안공간은 바다로부터 해일, 해안침식 등 자연재해에 취약한 지역이기도 하다.

<표 2> 강원도 동해안 해안선 현황

구분	총해안선 (a)	모래해안선(b)			b/a (%)
		총길이	연안연계형태	길이	
전국	11,914.05	802.52 (100%)	바다-자연해안	145.95	6.74
			바다-인공구조물	174.11	
			갯벌-자연해안	367.20	
			갯벌-인공구조물	115.24	
강원도 소계	318.10	107.66 (13.4%)	바다-자연해안	53.63	33.84
			바다-인공구조물	54.03	
강릉시	64.50	28.23	바다-자연해안	16.02	43.77
			바다-인공구조물	12.21	
동해시	38.78	5.71	바다-자연해안	3.57	14.72
			바다-인공구조물	2.14	

<표 2> 강원도 동해안 해안선 현황(계속)

구분	총해안선 (a)	모래해안선(b)			b/a (%)
		총길이	연안연계형태	길이	
속초시	20.95	3.81	바다-자연해안	1.10	18.19
			바다-인공구조물	2.71	
삼척시	81.38	15.49	바다-자연해안	10.42	19.04
			바다-인공구조물	5.08	
고성군	67.95	28.95	바다-자연해안	11.0	42.60
			바다-인공구조물	17.94	
양양군	44.54	25.47	바다-자연해안	11.53	57.19
			바다-인공구조물	13.95	

우리나라 연안지역에 대한 범위 설정은 연안관리법에 의하여 연안역(沿岸域, Coastal Zone)은 연안해역(沿岸海역)과 연안육역(沿岸陸域)으로 구분하고 있으며, 동법 제2조에서 '연안'이라 함은 '연안해역과 연안육역을 말하며, 연안해역은 바닷가와 만조수위선으로부터 영해까지의 외측한계까지의 바다를 말한다.' 라고 규정하고 연안육역은 무인도서, 연안해역의 육지쪽 경계선으로부터 500m(항만, 어항, 산업단지의 경우에는 1,000m) 범위 안의 육지지역을 말하며 강원도 동해안 해안선 현황은 표 2와 같다.(김경남, 2006)

강원도 해안선은 전국에서 모래 해안 비율이 가장 높아 침식과 침수의 재해위험 잠재성이 높은 것으로 예측되며 도내에서는 삼척시 해안선 총연장이 가장 긴 것으로 나타났으나, 모래 해안선은 고성군과 강릉시가 더 높은 것으로 조사 되었다.

일본의 경우 1977년에 제3차 전국종합개발계획에서 처음으로 기술된 공간개념이다. 연안역을 해안선을 사이에 둔 육역과 해역이라 하고 구체적인 공간영역은 한정하지 않았다. 연안역의 개념에 기초가 된 것은 미국 연안역관리법(Coastal Zone Management Act), 연안역관리계획(Coastal Zone Management Plan)이라 할 수 있으며 미국 연안역의 범위를 육역측은 수계선으로부터 100ft(약30m), 가장 가까운 간선도로 또는 분수령까지이나 주에 따라 다르게 규정하고 있다(이한석 외, 2000).

3. 지진해일 특성

지진해일(地震海溢)은 지진해파(地震海波)라고도 하며, 지진이나 화산의 폭발, 단층운동 등의 대규모 해저운동이나 수중 핵실험 등으로 인하여 발생하는 중력파를 말한다. 지진해일은 'Tsunami' 혹은 'Seismic sea wave'라고 하며, Tsunami는 일본어에 기원하는 것으로 향이나 만에 현저히 나타난다고 하여 진파(津波, 쓰나미)라 불렀다. 영어권에서는 Tidal wave(조석파)라고 부르기도 하였으나 조석파

는 연관이 없음이 밝혀짐에 따라 지진해파(Seismic sea wave)로 개칭하게 되었다.(오임상외, 1993.)

지진해일 발생원인은 지구 표면 플레이트는 두께 100km 정도의 판으로 덮여져 있고, 하부 맨틀은 유동적인 물질로서 맨틀대류와 함께 느린 속도로 이동한다. 태평양 플레이트와 유라시아 플레이트가 충돌하여 해저지반이 연직방향으로 변위를 일으키고 그 위에 놓인 바닷물은 연직방향으로 변위가 생기고 수면변위는 중력에 의해 상하운동을 하면서 전파되어 지진해일이 발생하게 된다. 대양에서 지진해일 발생 전제 조건으로 규모 7.0 이상의 대형 지진이 수심 1,000m 이상의 해저면에서 발생해야 한다.

1) 지진해일 전파속도

지진해일은 수분에서 1~2시간의 파주기를 가지며, 전파속도는 수심에 비례한다. 여기서 H는 수심, g는 중력가속도(9.8m/sec²)이다.

$$v = \sqrt{gH}$$

2) 지진해일의 규모

최근 지진해일 척도 Mt는 일본 아베교수에 의해서 제안 되었고 100km에서 3,500km 사이의 근접 지진해일에 대해서는 다음과 같이 계산될 수 있다. 여기서 H는 검조기록 최대 진폭, A는 실제거리 km이다.

$$M_t = \log H + \log A + 5.8$$

<표 3> 지진해일의 규모와 피해정도

해일 규모	지진해일높이	피해 정도
-1	50cm	없음
0	1m 정도	미미한 피해
1	2m 정도	해안 및 선박의 피해
2	4~6m 정도	약간의 내륙까지의 피해나 인적 손실
3	10~20m 정도	400km 이상의 해안선의 현저한 피해
4	30m 이상	500km 이상의 해안선의 현저한 피해

3) 천수효과

심해역을 지난 지진해일이 천해에 도달하면 파장은 감소하면서 파고는 증가하게 된다. 장파의 전달

속도가 수심의 함수이므로 연안의 경사면에 접근하면서 전면 선단부는 진행이 느려지고 후단 진행이 빠르게 되어 에너지가 높은 수위로 전환되면서 지진해일의 높이는 수심의 1/4승에 반비례하여 증폭되는 현상을 천수효과(Shoaling Effect, 淺水效果)라 한다.

3. 동해안 지진해일 피해사례

한반도는 유라시아판 내부에 위치하므로 한반도에서 발생하는 지진활동은 판구조론으로 설명할 수 없으나, 깊이 수백 km의 심발지진이 발생하는데 이 지진은 일본 해구에서 유라시아판 밑으로 침강하는 태평양판의 베니오프대에서 생기는 것으로 본다.

우리나라 지진활동 자료는 1905년 인천에 지진계가 설치되기 전까지의 역사지진 자료와 그 이후의 계기지진 자료로 구분된다. 역사지진 자료는 삼국사기, 고려사, 조선왕조실록, 승정원일기 등의 사료에서 찾아볼 수 있으나, 그 기록이 지진의 정량적 연구를 수행하기에는 미흡하다. 다만, 이들 사료에서 AD 2년부터 약 1,800회의 유감지진(有感地震)이 발생하였음을 알 수 있다.

본격적인 지진관측은 1978년 이후 기상청에서 시작되었으며, 1980년대 중반부터 한국지질자원연구원에서 지진발생 원인 등 연구목적의 지진관측을 시작하였다.

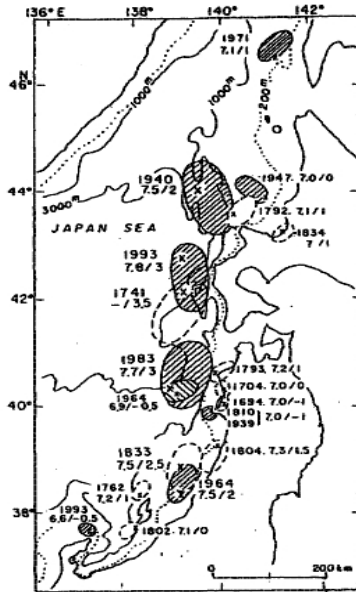
1) 동해안 지역의 지진해일 위험성

1983년 동해안 지역의 지진해일을 비롯한 근세의 여러 지진과 관련시켜 볼 때 그 가능성은 분명해진다. 즉, 유라시아판과 북아메리카판이 충돌하여 북아메리카판이 유라시아판의 밑으로 침강하는 경계에 해당된다. 이러한 판구조 이론과 관련하여 보다 소규모의 활성단층대가 한반도 동해안, 연해주 해안 등을 따라 발달하고 있을 가능성도 제기되고 있다. 따라서 동해는 비록 태평양 연안으로부터 어느 정도 멀리 떨어져 있다고 하나 최근의 일본의 지진활동으로 볼 때 결코 지진해일의 안전지대는 아니라고 할 수 있다.

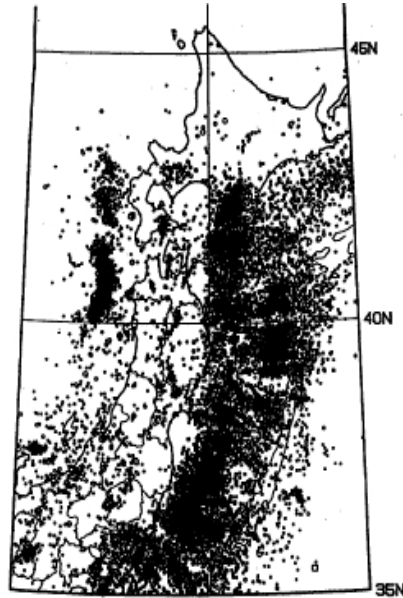
이호준(1998)은 일본 서해안에서 지진 발생률이 높으며 더욱이 앞으로 지진의 발생이 예측되는 지역인 지진 공백역을 제시하고 있으며, 우리나라 동해의 단층대는 해저에 위치하고 이 해역의 수심은 1,000m 이상의 지역이 많기 때문에 대규모 지진이 발생할 경우 지진해일을 동반할 가능성이 크고 과거의 동해안 지역에 발생한 경험으로 1983년, 1993년이 이를 설명하고 있다.

지진 공백역은 제1종과 제2종 공백역으로 구분하는데 과거에 발생한 지진의 진원분포 위해 대규모의 지진 여백역을 표시하면 플레이트 경계상에 늘어서 있는 여진역의 사이에 지진활동이 적은 지역이 존재하는 것을 알 수 있는데 이것을 제1종 공백역이라 하고 장래 지진해일을 동반할 대규모 지진의 발생 가능성이 지적되고 있는 지역이다. 한편 일정기간마다 소지진 활동에 주목하여 그 분포를 보면 지진 공백역이 그 크기를 확대 또는 축소시켜 변화하고 있는 지역을 제2 공백역이라 하고 이때 그

크기가 확대되는 있는 경향이 있을 경우에는 장래에 지진 발생의 가능성이 지적되는 지역을 말한다. <그림 1>은 羽鳥(하토리, 1994)에 의한 지진 공백역이며, <그림 2>는 일본 기상청(1995), 동북대 이학부(1995) 자료에 의한 지진공백역이다.



<그림 1> 지진 공백역



<그림 2> 일본 동북지방 지진 공백역

2) 한반도 지진해일 역사 기록

동해안 지역에 발생한 지진해일에 대한 중요한 기록으로 조선왕조실록 및 승정원일기 중의 1664년 7월과 1681년 6월에 지진이 발생하여 해일이 일어났다는 상세한 기록을 가지고 지진규모 환산한 결과 M 7.0~7.5로 볼 수 있으며, 이것을 중국과 일본 역사기록을 비교했을 때 일치하고 있다(추교승, 1999). 1643년 7월 24일(인조 21년) 승정원일기에서는 경상도 감사의 상계에 의하면 영덕에서 동래에 이르는 각 읍에서 지진이 발생하였으며, 울산 동쪽 십삼리에 썰물, 들물 드는 곳에 물이 용솟음쳤고, 큰 파도가 육지에 들락거렸다. 1681년 6월 24일(숙종 7년) 승정원일기, 조선왕조실록에서는 양양, 삼척에서 파도가 끊어 오르고 바다가 물러간 상태가 해변이 조그맣게 줄어든 것 같아 비정상적인 이변이 일어났다고 기록되어 있다.

과거의 한반도 연안에서 발생한 지진으로 인한 근저지진해일로 인한 피해가 있었던 사실은 앞으로 발생할 수 있는 지진과 지진해일의 척도가 될 수 있기 때문에 중요시 하여야 할 사항이다.

3) 동해안 지진해일 피해사례

기상청 자료에 의하면 동해안 연안지역에 피해를 발생시킨 지진해일은 1983년 아키다 지진해일과 1993년 오키시리 지진해일이 대표적인 사례라고 볼 수 있다.

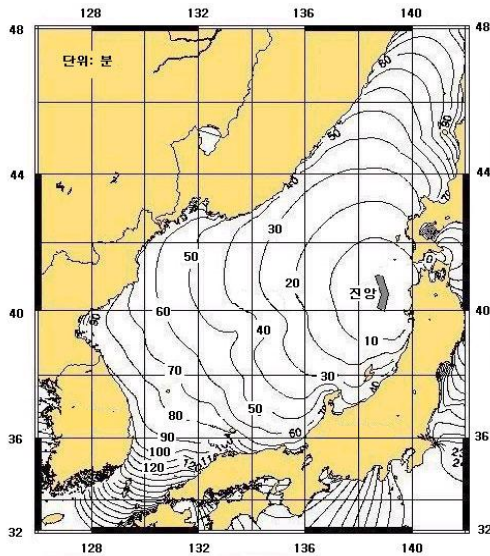
(1) 아키다 지진해일

1983년 5월 26일 일본 아키타현(秋田縣) 서측 외해에서 발생한 M7.7의 지진은 거대한 지진해일을 동반하여 秋田해안, 북해도로부터 한반도까지 영향이 있었으며 검조기록을 보면 지진해일 주기는 10분 정도로 나타난다. 지진해일이 가장 높게 기록된 곳은 울릉도 서북해안의 현포동에서 3~5m에 달하는 지진해일이 도달하였고 육지에서 2m이상 해일로 피해가 일어난 지역은 경상북도 울진 이북, 강원도 동해시 이남의 남북 약 70km의 해안이었다. 최대 피해지역이었던 삼척시 원덕읍 임원항에서는 3.6~4.0m 침수흔적이 있었다.

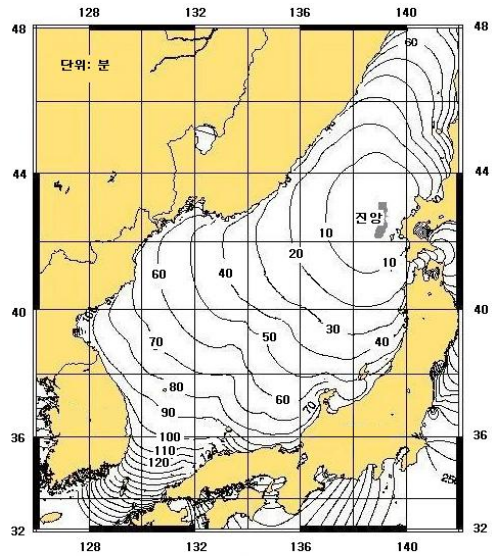
재산 피해액은 약3억 7,000여만 원으로 원덕항 2억 4,300만원, 삼척항 9,300만원, 울릉도 2,100만원, 울진 600만원 등이 있었으며, 인명피해는 5명으로 사망 1명, 실종 2명, 부상 2명 및 이재민은 405명이 발생하였다. 건물 피해는 44동, 선박 피해는 81척, 시설물 62동이 있었다.

<표 4> 제1파 도착시각 및 해일 특성

지 명	제1파 도착시간	최대파고/평균수면높이	주기	지속시간
울릉도	13시17분 (77분)	136cm/80cm	12분	큰 수위변동 3~5시간, 전체 24시간 이상
묵 호	13시35분 (95분)	200cm이상/150cm이상	14분	
속 초	13시43분 (103분)	156cm/123cm	13분	
포 항	13시52분 (112분)	62cm/52cm	8분	



<그림 3> 아키다 지진해일 전파도



<그림 4> 오키시리 지진 해일 전파도

(2) 오쿠시리 지진해일

1993년 7월 12일, 일본 북해도 남서외해에서 발생한 지진(규모 7.8)에 의한 해일은 오쿠시리 섬(奥尻島) 서안에 위치한 모나이(藻内)에서 발생하였다. 해일 발생 후 지진해일 조사단이 동해안의 해일조사를 실시하였으며 해일이 우리나라 동해안 연안에 도달한 것은 지진 발생 후 약 1시간 50분~2시간 후였으며, 기상청은 동해안 전역과 부산지역에 해일경보를 내리는 한편 선박 피난 및 해수욕객의 피신 등 피해예방대책을 마련하였다.

<표 5> 제1파 도착시각 및 해일특성

지 명	제1파 도착시간	최대파고/평균수면높이	주기	지속시간
울릉도	23시47분(90분)	119cm/89cm	10분	큰수위변동 : 2-4시간, 전체 24시간 이상
속 초	00시00분(103분)	203cm이상/130cm이상	10분	
동 해	00시09분(112분)	276cm/213cm	6분	
포 향	01시18분(181분)	92cm/76cm	8분	

이와 같은 대표적인 사례에서 보듯이 강원도 동해안 연안은 지진빈발 지역인 일본 서해와 연결되어 있어 지진해일에 의한 피해 이력이 있었으며 국내의 어느 지역보다도 지진해일 피해의 잠재성이 매우 높은 것으로 볼 수 있다.

III. 동해안 연안지역 재해저감방안

1. 설문 개요

본 연구에서는 개발 및 방재분야 전문가 그룹 관점에서 동해안 지역적 특성을 고려한 개발사업 계획시 사전재해예방에 관한 다양한 의견을 수렴하기 위한 목적으로 설문조사를 실시하였다. 설문내용으로 동해안 연안지역 개발사업에 따른 재해 예방적 측면에서 고려되어야 할 사항과 중앙정부 또는 지방자치단체에서 정책사업으로 추진되어야 할 사항으로 구성되어 있다. 대상자는 방재분야 전문가 그룹인 학자, 재난관리 담당공무원, 개발사업 경험 엔지니어 실무자 및 건축사 등 다양한 분야의 107명에게 설문 조사하였으며, 이중 강원도 사전재해영향성검토위원을 포함하여 실시하였다.

설문조사분석은 통계프로그램 SPSS Ver 12.0로 자료를 분석하였으며, 이번 설문조사의 신뢰도는 해당 문항에 대하여 가능한 모든 반분신뢰도를 구하고 평균을 산출한 Cronbach's alpha 계수를 사용하여 해당 척도를 구성하고 있는 각 항목들의 신뢰성까지 평가할 수 있는 Cronbach's α 의 값은 0~1 사이의 값을 가지는데 일반적으로 $\alpha=0.8$ 정도 이상이면 신뢰성이 높은 것으로 볼 수 있으며, 본 설문

조사의 Cronbach's α 값은 0.921으로 나타나 신뢰성이 있는 것으로 판단된다. 본 연구의 설문조사 대상자 107명에 대한 직업별, 연령별, 거주지역 현황은 <표 6>, <표 7>, <표 9>와 같으며 10년 이상 경력자가 70명으로 65.4%를 차지하고 있다.

<표 6> 직업별 현황

구분	계	학자	공무원	엔지니어	건축사
인원(명)	107	20	19	39	29
비율(%)	100.0	18.7	17.8	36.4	27.1

<표 7> 연령별 현황

구분	계	40대미만	40대	50대	60대이상
인원(명)	107	44	46	13	4
비율(%)	100.0	41.1	43.0	12.2	3.7

<표 8> 현직경력 현황

구분	계	5년미만	5~10년미만	10~15년미만	15~20년미만	20년이상
인원(명)	106	13	24	23	24	23
비율(%)	100.0	12.1	22.4	21.5	22.4	21.5

<표 9> 거주지역 현황

구분	계	강원영동	강원영서	수도권	그 외 지역
인원(명)	107	27	31	42	7
비율(%)	100.0	25.2	29.0	39.3	6.5

2. 개발사업시 지진해일 사전재해예방 분석

강원도 동해안 연안지역의 개발사업계획시 지진해일에 대한 사전재해예방적 측면에서 고려되어야 할 사항에 대하여 설문조사한 결과를 종합적으로 분석하면 다음과 같이 나타났다.

연안지역의 개발사업 계획 시 지진해일에 대한 사전재해예방이 필요하다고 각각 79명(73.8%), 68명(63.3%)의 설문응답 결과가 도출되었다. 이는 동해안 연안지역에 개발사업을 할 경우에는 지진해일에 대한 재해예방이 필요함을 제시하고 있다.

<표 10> 지진해일에 대한 사전재해예방 의견

계	매우필요	필요	보통	불필요	매우불필요
107명 (100.0%)	49 (45.8)	30 (28.0)	23 (21.5)	4 (3.8)	1 (0.9)

설문 응답자의 각 직종별로 개발사업 계획 시 지진해일에 대한 사전재해예방을 위한 방안이 필요하다는 의견을 제시한 학자는 80.0%, 재난관리 공무원 89.5%, 엔지니어 64.1%, 건축사 72.4% 응답하였다. 이에 대한 결과를 분석하면 대규모 개발사업 계획 시 사전재해예방에 대한 중요성을 강조하였고, 특히 학자와 방재분야 담당 공무원들은 재해예방의 필요성에 대하여 높은 의견을 제시하였다.

<표 11> 직종별 지진해일 재해예방이 필요하다는 의견

계 (107명)	학자 (20명)	공무원 (19명)	엔지니어 (39명)	건축사 (29명)
79명 (73.8%)	16 (80.0)	17 (89.5)	25 (64.1)	21 (72.4)

설문 응답자의 거주 지역별로 분석해 보면 지진해일에 대한 사전재해예방을 위한 방안이 필요하다는 의견은 강원도 영동 및 영서지역 거주자는 각각 74.1%, 83.9%, 수도권 지역 거주자 71.4%, 그 외 거주자는 42.9% 응답하였다. 강원도 지역의 거주자들은 타지역 거주자들보다 재해예방의 필요성에 높은 의견을 제시하였고, 전체 설문 응답자 107명 중 강원도 사전재해영향성검토위원회 위원 18명은 개발사업 계획시 지진해일에 대한 사전재해예방을 위한 방안이 필요하다는 의견을 94.4%(17명)로 응답하였다.

<표 12> 거주지역별 지진해일 재해예방이 필요하다는 의견

계 (107명)	강원영동 (27명)	강원영서 (31명)	수도권 (42명)	그 외 (7명)
79 (73.8%)	20 (74.1)	26 (83.9)	30 (71.4)	3 (42.9)

<표 13> 심의위원 지진해일 재해예방에 대한 의견

계	매우필요	필요	보통	불필요	매우불필요
18명 (100.0%)	14 (77.8)	3 (16.7)	1 (5.6)	-	-

동해안 연안지역에서 대규모 개발사업을 계획 할 경우 지진해일 등 자연현상에 대하여 사전재해예방을 위하여 계획단계에서부터 노력해야 한다고 전문가들은 의견을 제시하고 있음을 볼 수 있다.

3. 연안지역 재해저감 방안 정책사업 분석

동해안 연안지역은 지형적으로 볼 때 타 지역보다 다양한 재해가 많이 발생하였고, 연안재해 발생에 대하여 사전재해예방 측면에서 중앙정부 또는 지방자치단체에서 정책사업으로 추진되어야 할 사항으로 다음과 같이 분석되었다.

동해안 연안지역 재해저감 정책사업으로 해안 방재림 조성 79명(73.8%), 해일 및 파도 방지시설 설치 73명(68.2%), 방파제 설치 59명(55.1%)이 필요하다는 의견을 제시 하였다. 이는 재해저감을 위한 정책사업으로 해안 방재림 및 해일 및 파도 방지시설을 설치, 방파제의 필요성을 제시하고 있다.

<표 14> 재해저감을 위한 정책사업 의견

구 분	계	매우필요	필요	보통	불필요	매우불필요
해안 방재림	107명 (100.0%)	38 (35.5)	41 (38.3)	22 (20.6)	6 (5.6)	-
방파제	107명 (100.0%)	18 (16.8)	41 (38.3)	40 (37.4)	5 (4.7)	3 (2.8)
해일 및 파도 방지 시설	107명 (100.0%)	27 (25.2)	46 (43.0)	27 (25.2)	7 (6.6)	-
해안도로	107명 (100.0%)	6 (5.6)	26 (24.3)	47 (43.9)	20 (18.7)	8 (7.5)

<표 15> 직종별 재해저감을 위한 정책사업이 필요하다는 의견

구 분	계 (107명)	학 자 (20명)	공무원 (19명)	엔지니어 (39명)	건축사 (29명)
해안 방재림	79 (73.8)	18 (90.0)	12 (63.2)	27 (69.2)	22 (75.9)
방파제	59 (55.1)	15 (75.0)	12 (63.2)	18 (46.2)	14 (48.3)
해일 및 파도 방지시설	73 (68.2)	13 (65.0)	17 (89.5)	27 (69.2)	16 (55.2)
해안도로	32 (29.9)	5 (25.0)	8 (42.1)	9 (23.1)	10 (34.5)

재해저감을 위한 정책사업 필요성을 직종별로 분석해 보면 해안 방재림 조성과 해일 및 파도 방지 시설 조성은 전 직종별로 높게 나온 반면 방파제 조성은 학자와 방재분야 공무원은 60%이상, 엔지니어와 건축사는 약40% 정도가 필요성을 제기 하였다. 해안도로 설치의 필요성에 대한 의견이 적게 모두 나온 것으로 분석되었다.

<표 16> 심의위원의 재해저감을 위한 정책사업이 필요하다는 의견

구 분	계	매우필요	필요	보통	불필요	매우불필요
해안 방재림	18명 (100.0%)	8 (44.4)	8 (44.4)	2 (11.1)	-	-
방파제	18명 (100.0%)	5 (27.8)	8 (44.4)	4 (22.2)	1 (5.6)	-
해일 및 파도 방지시설	18명 (100.0%)	5 (27.8)	7 (38.9)	5 (27.8)	1 (5.6)	-
해안도로	18명 (100.0%)	2 (11.1)	5 (27.8)	6 (33.3)	2 (11.1)	3 (16.7)

전체 설문 응답자 107명 중 강원도 사전재해영향성검토위원회 위원 18명의 재해저감을 위한 정책사업의 필요성에 대한 의견을 분석해 보면 해안 방재림 조성과 해일 및 파도 방지시설, 방파제 설치에 대한 필요성은 높은 의견인 반면 해안도로 설치의 낮은 의견을 제시하였다.

전근우(2006)에 의하면 해안 방재림은 해안의 염풍 아래에서 성립한 산림군락으로 내륙가는 조성 lc 구조가 다른 산림으로 정의하고 있으며, 강풍, 비사, 비염, 지진해일, 안개 등을 막아주는 재해방지 기능뿐 아니라 어부와 방음, 경관, 보건 등의 환경 기능 등 다면적인 기능을 갖고 있다. 또한 지진해일이 해안 방재림을 통과할 때 수목이 작용하는 주요 기능은 표류물의 이동저지, 유속의 저감과 파괴력 감소기능과 표류자 구제기능 및 사구의 이동저지기능 등을 제시하였다.

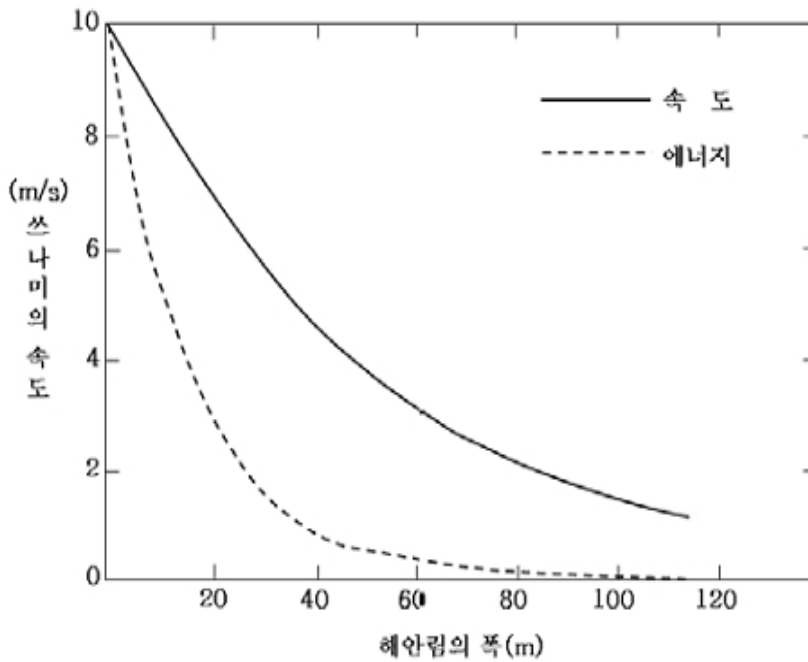
지진해일의 파괴력을 저감시키기 위해서는 30m 정도의 폭이 필요하며 일본 북해도 앞바다에서 발생한 대규모의 지진해일을 대비하기 위해서는 60m 정도 필요하다고 하였으며, 지진해일이 일정한 폭의 해안림을 통과할 때 저감하는 속도와 해안 방재림의 폭과는 다음의 식과 같은 관계가 있다. 여기서 L은 해안 방재림의 폭, V0는 해안 방재림에 도달할 때의 지진해일의 속도(m/sec), V는 통과후의 지진해일의 속도(m/sec), Cx는 수간의 저항계수, D는 평균 흉고직경, N는 임목의 본수(본/ha)을 나타낸다.

$$L = \frac{2 \cdot 10^4}{C_x \cdot N \cdot D} \cdot \log\left(\frac{V_0}{V}\right)$$

임목의 저항에 의해 흡수되는 지진해일 에너지는 다음 식에 의해서 구할 수 있다. 여기서 W는 지진해일 에너지(kg·m/sec), F는 임목에 미치는 지진해일의 힘, Vmean는 일정 구간의 평균 지진해일 속도(m/sec)를 나타낸다.

$$W = F \cdot V_{mean}$$

위의 식 계산에 의하면 <그림 5>와 같이 지진해일의 진입속도는 진입거리에 지수 함수적으로 저감한다. 즉 폭 30m의 해안 방재림이 조성되면 지진해일의 속도는 60% 이하로, 에너지는 20% 이하로 저감하는 결과를 도출할 수 있다.



<그림 5> 해안 방재림과 지진해일 속도 및 에너지 저감

김경남(2011)은 해안 방재림을 녹색 방파제 정책으로 강화하여야 한다고 제시하였으며, 2011년 일본 동북부 대지진으로 지진해일 피해에서 센다이공항은 상대적으로 다른 지역보다 피해가 적었던 사례에서도 알 수 있다.

방재분야 전문가들의 의견을 종합해 보면 강원도 동해안 연안지역에서 개발사업을 계획할 경우 지진해일에 대한 사전재해예방의 필요성을 제시하였으며, 정책사업으로 해안 방재림 조성, 해일 및 파도 방지시설, 방파제 설치 순으로 재해저감 방안 정책사업 순위를 제시하였다. 이는 앞으로 동해안 연안 지역의 재해저감 방안 정책사업을 추진하는 사업 순위에서 하나의 기준이 될 수 있을 것으로 판단된

다.

IV. 결론

우리나라 동해안 연안지역은 일본 서해 지역에서 규모 7.5 이상의 역단층 운동형태의 해저지진이 발생하면 2시간 내에 동해안에 지진해일 피해를 유발시킬 수 있음에도 불구하고 강원도 동해안의 아름다운 경관 등 장점 때문에 대규모 개발사업계획이 증가 추세에 있다. 재해예방은 국민들에게 어진(仁) 정치의 시발점이라는 사고에서 출발한 본 연구에서는 동해안 연안지역에 지역적 특성을 고려한 지진해일 사전재해예방에 대한 방안을 모색하면서 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 대규모 개발사업계획시 이에 대한 사전재해예방 개념이 도입된 계획이 선행되어 이루어져야 하며 지진해일에 대한 사전재해예방에 대하여 필요하다고 73% 이상, 이중 강원도 사전재해영향성검토 위원회는 94% 이상 의견을 제시하였다. 이는 동해안 연안지역의 지역적 특성을 고려한 지진해일에 대한 사전재해예방 중요성을 강조하였음을 볼 수 있다.

둘째, 동해안 연안지역의 재해발생에 대하여 사전재해예방적 측면에서 중앙정부 및 지방자치단체에서 정책사업으로 추진되어야 할 사항으로 해안 방재림 조성은 73% 이상, 해일 및 파도 방지시설 설치 68% 이상이 필요하다는 의견을 제시하였고, 방파제 설치 55% 이상, 해안도로 설치 29% 이상으로 의견을 제시 하였다. 이는 동해안 연안지역의 재해저감에 대한 정책결정 및 예산산정 기준이 될 수 있을 것이다.

셋째, 해안 방재림은 2004년 인도네시아 지진해일 피해 및 2011년 일본 동북부 센다이공항 해안방재림에 의한 지진해일 피해저감 효과가 나타났으며 연안역의 재해대비 완충공간으로서의 중요성이 높아지고 있는 실정이다. 따라서 해안 방재림 조성과 이미 조성된 해안 방재림도 지속적 관리가 필요하며 다면적인 기능을 가진 해안 방재림 조성사업을 중앙정부 또는 지방자치단체에서 추진되어야 할 정책사업 중 하나이다.

넷째, 해안 방재림과 방조시설을 병용 설치하여 지진해일의 강력한 파괴력에 저항할 수 있는 방안이 필요하다.

이상과 같이 강원도 동해안 연안지역에 대한 지진해일 저감방안을 분석하고 결론을 도출하면서 강원도 방재행정이 더 많은 역할을 통하여 국민의 생명과 재산보호에 최선을 다하는 정책을 세워야 할 것이다. 또한 앞으로 구조적인 제도적 방안과 비구조적인 방안으로 지진해일에 대한 교육과 위험성 홍보, 예경보시스템의 보완 등 다양한 방면의 연구가 필요하며 이를 충분히 수용할 수 있는 중앙정부 또는 지방정부에서 포괄적인 방재정책을 지속적으로 추진되어야 할 것이다.

참고문헌

- 강원도. 2007. 강원통계연보
- 김경남. 2007. 강원 동해안의 연안재해 저감방안. 한국위기관리논집. 3(1): 45-61.
- 강익범. 2005. 우리나라의 지진해일 원인분석과 지진방재대책. 한국방재학회지. 2005. 5(2): 89-93.
- 박종석. 2008. 해안 방재림에 관한 연구. 전남대학교 석사학위논문.
- 삼척시. 2005. 해일 재해지도 제작 용역보고서.
- 소방방재청. 2005. 지진방재 종합대책. 92-101.
- 오임상 외. 1993. 한국 근해의 해저지진과 지진해일. 한림원.
- 이석우·추교승. 1993. 동해안 지진해일자료. 항만. 51: 1-27.
- 이호준. 1998. . 동해안에서의 쓰나미 위험도 평가. 국립방재연구소.
- 이호준. 2000. 동해안에서의 지진해일 재해저감을 위한 연구1. 방재연구. 6: 131-135.
- 이호준. 2001. 동해안에서의 지진해일 재해저감을 위한 연구2. 방재연구. 9: 115-118.
- 이호준. 2005. 동해의 지진해일 그 위험과 대책. 한국방재학회지. 5(1): 27-33.
- 이한석 외. 2000. 일본건축학회. 해양건축용어사전. 기문당.
- 전근우. 2006. 해안 방재림 조성 보전 관리방안에 관한 연구. 산림청.
- 전병표. 2011. 동북지방 태평양 앞바다 지진의 지진·쓰나미 피해의 개요와 몇 가지의 과제. 한국방재학회지. 11(2): 6-16.
- 정태성. 2009. 한반도의 지진해일 발생사례 및 대처방안. 해양연맹지. 31: 6-14.
- 조용식. 2005. 지진해일과 연안방재. 한국방재학회지. 5(1): 20-66.
- 추교승. 1999. 한반도의 지진재해도 작성을 위한 역사피해지진의 평가 및 종합정리. 국립방재연구소.
- 연안관리법. 법률 제11020호, 2011. 8. 4. 타법개정.
- 자연재해대책법. 법률 제10433호, 2011. 3. 7. 일부개정.
- 기상청. <http://www.kma.go.kr>
- 미국 국립해양대기관리청. <http://www.noaa.gov>
- 삼척시립박물관. <http://www.scm.go.kr>
- 소방방재청. <http://www.nema.go.kr>
- 승정원일기. <http://sjw.history.go.kr>
- 조선왕조실록. <http://sillok.history.go.kr>
- 한국해양연구원. <http://cerd.kordi.re.kr>

관한 연구”로 석사학위를 받았고(2004) 강원대학교 방재전문대학원에 도시환경방재전공 박사과정을 수료하였으며 (2011.2), 강원도청에서 관광지 개발업무와 평창 동계올림픽 시설지구 업무를 추진하다가 현재 강원도립대학 시설 팀장으로 재직 중이다. 지금까지 주요 업무로는 평창동계올림픽시설지구 개발, 동해안 지역 대규모 개발사업, 관광단지 및 골프장 개발업무를 추진하였다(dlmaroo@korea.kr).

투 고 일: 2011년 09월 06일

수 정 일: 2011년 09월 22일

게재확정일: 2011년 10월 02일

A Study on the Tsunami Disaster Reduction for the Large Development Plan in the East Coast Area, Gangwon Province, Korea

Sung In Cheon

Although there is the possibility that the east coast area in Gangwon Province, Korea may be hit by Tsunami, over 7.5 magnitude, occurred in the west coast, Japan, the large development plan has been on the increase recently. Therefore, the disaster occurrence has been expected and many studies concluded that it is necessary to explore the solution concerning disaster reduction against the Tsunami. According to the result of a survey, 1) 73.8% of specialists questioned said that the disaster preparedness plan is required, especially over 94% of the members, the Pre-Disaster Impact Assessment Review Deliberation, expressed the same opinion. 2) 68.2% of people suggested that the disaster prevention forest should be made in the coastal area as the prevention policy, 68.2% of specialists said that disaster prevention facilities against the tidal wave is required, 55.1% of the people questioned said that the breakwater is needed. These are very important facts to set the priority criteria for decision making on the disaster reduction in the east coast area in Gangwon Province, and the coastal disaster prevention forest should be considered first because of the effectiveness of disaster reduction and buffer zone against the Tsunami before the large development plan is launched in this area.

Key words: East Sea coast area, large development plan, disaster reduction, tsunami, costal disaster prevention forest