

자연재해. 위험관리. (下)

한국화재보험협회에서는 효율적인 재난 대책과 지구 노력에 부응하고자
“자연재해 위험관리”를 발간, 이를 2회에 걸쳐 소개하고자 하며,
지난 호에 게재된 자연재해 피해현황 및 태풍에 이어 이번 호에서는
호우 및 홍수, 급경사지, 해일에 관한 특성과 대책에 대하여 살펴본다.

글 | 김광섭 협회 위험조사부 차장

- 3. 호우 및 홍수
 - 가. 호우 및 홍수 특성
 - 나. 호우 및 홍수 재해대책
- 4. 급경사지
 - 가. 급경사지 특성
 - 나. 급경사지 재해대책
- 5. 해일
 - 가. 해일 특성
 - 나. 해일 재해대책

전 호 ❶

- 1. 자연재해 피해현황
 - 가. 국내 자연재해 피해
 - 나. 세계 자연재해 피해
- 2. 태풍
 - 가. 태풍 특성
 - 나. 태풍 재해대책
 - 다. 기상자료 및 정보 활용

(지난 호에 이어서)

3. 호우 및 홍수

가. 호우 및 홍수 특성

하늘로부터 떨어지는 비, 이슬, 눈 등을 모두 강수라고 하며, 이 중 대표적인 비를 강우(Rainfall)라고 한다. 비는 대기 중의 수증기가 지름 0.2mm 이상의 물방울이 되어 지상에 떨어지는 현상을 말하는데 보통 이슬비(Drizzle)라 함은 0.2mm~0.5mm의 지름을 가진 물방울이 뽁뽁이 내리는 것을 나타내며, 비(Rain)라 함은 0.5mm 이상의 지름을 가진 물방울 입자들이 덩성덩성 내리는 것으로 정의할 수 있다. 비로 인한 재난은 단시간에 많은 양의 비가 내릴 때 발생하게 되는데 '집중호우'란 시간적 집중성과 공간적 집중성이 매우 강한 큰 비로써 다음과 같은 특성을 갖는다.

- (1) 일반적으로 1시간 강우량 30mm 이상, 일강우량 100mm 이상의 비
- (2) 단시간에 비교적 좁은 지역(보통 10~20km 정도)에서 집중적으로 쏟아짐.
- (3) 강우현상은 20~30분에서 2~3시간 주기의 강약 변동을 보임.
- (4) 급격한 상승기류에 의해 형성되는 뇌운(적란운)에서 매우 짧은 시간에 천둥, 번개와 함께 집중적으로 쏟아짐.
- (5) 태풍, 장마전선, 대규모 저기압에 동반되어 2~3일간 계속될 경우에 많은 비로 인해 홍수 및 산사태가 유발됨.

■ <표 6> 과거 40년간 자연재해 피해현황(1965 ~2004년)

구분	사망 (인)	이재민 (인)	침수면적 (ha)	건물 (백만원)	선박 (백만원)	농경지 (백만원)	농작물 (백만원)	공공시설 (백만원)	기타 (백만원)	합계 (백만원)
1965~1974	306	190,976	75,341	112,771	21,548	176,475	610,310	524,713	88,602	1,534,419
1975~1984	252	58,400	78,542	68,070	47,383	171,286	554,556	895,743	332,482	2,069,521
1985~1994	257	80,078	91,667	61,461	84,827	309,903	1,375,458	2,672,719	954,831	5,459,199
1995~2004	130	26,333	58,375	373,301	671,111	936,551	0	13,641,568	4,229,125	19,247,656
평균	236	88,947	75,981	15,390	20,622	39,855	63,508	443,369	140,126	707,770

주) 1. 피해액은 2004년 환산 가격기준임 2. 사망에 실종도 포함됨

홍수는 호우, 융설(融雪) 등으로 하천의 수량이 급격히 늘어나 유량이 범람하는 현상 및 그 물의 흐름을 말하며, 우리나라는 주로 6~7월에 발생하는 장마나 태풍이 동반한 호우로 인하여 홍수가 발생하고 있다. 홍수 피해의 직접적인 원인은 외수범람과 내수범람으로 크게 구분할 수 있는데 외수범람 피해는 주로 소하천 및 지천들의 범람, 제방의 붕괴, 역류 등으로 발생한 것이며, 내수범람 피해는 배수로, 하수도 및 펌프장의 내수배제 능력 부족이 주된 원인이다. 한편 홍수의 유형을 호우의 강도 및 지속시간, 지역적 특성에 따라 분류하면 하천홍수, 도시홍수, 해안홍수 및 돌발홍수 등 4가지 유형으로 구분하기도 한다.



- 하천홍수는 태풍 또는 집중호우에 의한 하천의 범람을 말한다. 이는 공간적으로 넓은 지역에 장기간 발생하여 그 피해가 광범위하며 제방의 월류 및 붕괴에 의한 피해가 지배적이므로 우리나라에서는 장마철인 6월말부터 7월말까지 집중적으로 발생하고 있다.
- 돌발홍수는 지역적으로 보통 급경사 산악지역에 단시간에 걸친 집중호우에 의해 발생한다. 돌발홍수의 발생여부는 강우강도와 지속시간이 가장 중요하고 그 외에도 지형, 토양조건, 지표면 상태도 중요한 역할을 한다. 즉 돌발홍수는 짧은 시간동안 많은 양의 비를 내리는 폭우와 침투율이 낮은 토양 또는 포화된 토양, 불투수성 지표면, 빠른 홍수파를 야기하는 급한 경사 등에 의해 발생된다. 돌발홍수는 다른 홍수에 비해 갑자기 발생하기 때문에 경계와 대피할 시간적인 여유가 적어 위험성이 매우 크고 토사류 및 산사태를 일으키며 소형댐을 붕괴시킬 정도로 무서운 파괴력을 가지고 있다.
- 도시홍수는 도시가 개발됨에 따라 도시지역 내의 주차장, 건물, 도로 등 불투수지역의 증가로 침투홍수량의 증가 및 홍수 도달시간의 단축, 도시 내수배제의 불량으로 인해 발생하는 홍수를 말하며, 이는 주택지, 상가, 공장지대 등이 밀집되어 있어 많은 재산 손실을 야기한다.
- 해안홍수는 태풍 또는 호우 시 저기압 형성에 의한 해수면의 상승 및 높은 파랑의 형성에 의해 발생하며, 해안가 저지대에서 바닷물에 의한 침수피해가 지배적이고, 하천 하류지역에는 만조 시 해수유입으로 하천의 범람을 가속시키는 특징이 있다.

나. 호우 및 홍수 재해대책

수방이라는 것은 홍수 또는 폭풍해일이 있을 때 수해를 경계 및 방어하여 수해로 인한 피해를 경감하고 공공의 안전을 보존하는 것을 말한다. 일반 건물에서는 재해 등 관련 법규 등을 기초로 사업장의 수방에 관한 기본적 사항을 정하여 수해로 인한 전력, 통신, 냉난방의 공급 중단에 따른 이용자 불편을 방지하고 인명안전 확보 및 사업 손실을 미연에 방지하는 것을 목적으로 수방대책을 수립하고 있다. 수방대책은 아래와 같이 물적 피해대책과 인적 피해대책으로 구분할 수 있다.

(1) 물적 피해대책

(가) 방수대책 * 직접적인 대책으로는 수방벽, 수방문, 수방셔터, 수방판, 창과 외벽 관통부 및 기타 개구부의 방수사양, 역류방지 등이 있고, 예방적인 대책으로는 건물, 설비, 부지 높임 등이 있다.

(나) 배수대책 * 직접적인 대책으로는 배수 펌프시설이 있고, 예방적인 대책으로는 홍수 등을 대비하여 보다 큰 배수량을 갖도록 하기 위해 우수 배수시설의 규격화 및 배수

균배를 바탕으로 물이 체류하지 않도록 부지를 조성하는 대책이 있다.

(다) 2차 재해방지대책 * 2차 재해의 원인으로는 낙뢰와 정전 시의 화재 등을 들 수 있다. 특히 홍수 시에는 소방차 등의 지원활동을 기대하기 어렵기 때문에 화재 원인 제거에 대한 예방대책이 중요하다.

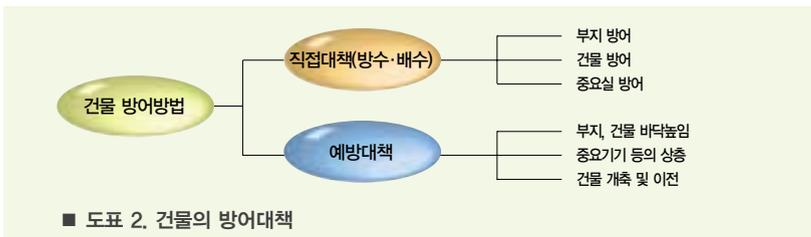
(라) 복구활동 * 설비, 건물, 부지피해를 조사하고, 그것을 재해 전 상태로 복구 하기 위한 대책으로 토사 등의 제거, 청소, 점검(설비, 건물), 보수 등을 들 수 있다.

(2) 인적피해대책

(가) 피난대책 * 방재요원 이외의 직원과 고객을 신속하게 피난·대피시키는 것은 인명안전 확보 및 원활한 방재활동을 위하여 매우 중요하다. 또한 건물에 있어 수해의 특징은 물의 침입을 막기 위해 출입구 등 개구부를 폐쇄상태로 유지한다는 점과 건물 또는 건물 주위가 물로 고립된 상태가 된다는 점을 명심하여 피난을 위한 경로, 공간, 수단 등의 대책 마련 시 이러한 특수한 환경을 충분히 고려하여 계획을 수립하여야 한다.

(나) 구조·구호대책 * 건물 내에 남겨진 직원 등을 위하여 외부에서 구조·구호 활동을 실시하는 경우, 피난하는 것 이상으로 건물 접근이 쉽지 않을 것으로 예상되므로, 가능한 재해 초기단계에서 구조·구호활동을 실시하도록 계획한다.

(다) 비상요원 확보대책 * 안전, 수방, 시설관리 담당 등의 비상요원을 재해 상황에 따라 적절하게 대응할 수 있도록 배치를 계획한다. 또한 재해는 야간에도 발생이 예상되기 때문에 기본적으로는 24시간 대응태세를 전제로 계획한다.



■ 도표 2. 건물의 방어대책

4. 급경사지

가. 급경사지 특성

산사태, 낙석, 토석류 등 급경사지 붕괴는 매년 7월~9월의 태풍 및 집중호우가 발생하는 시기에 집중적으로 일어나며, 절취사면의 붕괴, 자연사면에서의 산사태,

주택지의 축대 및 옹벽붕괴 등 다양한 형태로 나타나고 있다. 급경사지 붕괴로 인한 사망자 수는 연평균(1995~2004) 32명으로 태풍, 호우, 대설 등 자연재해로 인한 전체 사망자 수의 24.2%를 차지할 만큼 인명 피해가 크며, 산사태의 경우 최근 10년간 매년 737억 원의 재산 피해를 입고 있다. 최근에 들어서는 산업의 발달과 도시집중화 현상으로 인해 택지 개발공사 등이 활발하게 진행되고, 이상기후에 의한 기록적인 국지성 호우가 내림에 따라 사면붕괴의 피해가 대규모화되고 더욱 증가되는 추세이다.

급경사지는 산지, 주택단지, 도로, 철도, 공원 등에 부속된 자연사면 또는 인공사면(옹벽, 축대 등을 포함한다.)을 말하며, 재해의 형태로는 산사태와 사면붕괴로 흔히 나타난다. 발생 원인에는 여러 가지가 있지만 잠재적 요인으로는 토질, 지질구조, 지형, 나무의 종류 등의 취약성과 같은 근본적인 원인이 있고 직접적인 요인으로는 강우, 눈, 지하수, 하천 및 해안의 침식, 지진 등과 같은 자연적인 요인과 개발로 인한 절토 등과 같은 인위적인 요인이 있다.

나. 급경사지 재해대책

일반적으로 산사태와 사면붕괴는 특정 지역에 국한하여 순식간에 발생하기 때문에 예·경보 발령시스템이 미흡하고 대처할 시간적인 여유가 없어 막대한 인명피해와 재산피해를 초래하고 있다. 그러나 산사태는 잠재적인 요인과 자연적·인위적인 요인 등이 결부되어 발생하기 때문에 평상시 급경사지 위험지역에 대한 세심한 주의와 관찰을 기울인다면 어느 정도는 산사태 발생 징후를 알 수가 있으며, 이에 대한 사전준비와 대처를 통해서 피해를 줄일 수 있다.

다음과 같은 징후가 있다면 산사태가 발생할 가능성이 높으므로 각별히 주의해야 한다.

- 경사면에서 갑자기 많은 양의 물이 샘솟을 때는 땅 속에 과포화된 지하수가 있다는 것을 나타내므로 산사태의 위험이 커진다.
- 평소에 잘 나오던 샘물이나 지하수가 멈출 때는 산 위의 지하수가 통과하는 토양층에 이상이 발생한 것을 나타내므로 산사태 위험이 많다고 볼 수 있다.
- 비가 계속 내리고 있는 데도 불구하고 계곡 물이 급격하게 줄어드는 경우는 흘러내린 토사로 물길이 일시적으로 막혀서 발생될 수 있다.
- 탁도의 증가를 수반하는 계곡 수위가 급격하게 증가하는 경우는 흘러내린 토사로 막혔던 물길이 조금씩 열리면서 발생하는 현상일 수 있으며, 토사류의 초기 단계일 수 있다.
- 갑자기 산허리의 일부가 금이 가거나 내려앉을 때는 산사태가 발생하는 조짐이다.
- 바람이 불지 않는 데도 불구하고 경사면의 나무, 전신주, 울타리 등이 흔들리거나 넘어지는 때와 산울림이나 땅울림이 들릴 때는 산사태가 이미 시작된 경우이다.
- 땅, 포장도로 또는 인도에 새로운 균열이 생기거나 비정상적으로 부풀어 오르는 경우는





산사태가 발생할 위험이 있다.

- 계단이나 테라스 등과 같은 부속 구조물이 주요 구조물과 상대적으로 기울거나 이동된 경우
- 콘크리트 바닥이나 기초가 기울거나 균열이 가는 경우
- 수도관이나 지중시설물이 균열되는 경우
- 도로지반이 침하되는 경우
- 문이나 창문이 뻥뻥하고 문설주나 틀이 눈에 뜨이게 비틀어진 경우

또한 강수량에 따른 산사태 경보 및 주의보는 <표 7>과 같으므로 위험지구에 있는 경우에는 상황에 따라 대피하여야 한다.

■ <표 7> 산사태 위험 예보제 발령기준

구 분	산사태 경보	산사태 주의보
연속 강수량	200mm 이상	100~200mm 미만
1일 강수량	150mm 이상	80~150mm 미만
1시간 강수량	30mm 이상	20~30mm 미만

5. 해일

가. 해일 특성

2004년 12월 26일 인도네시아 수마트라 섬 북부의 서해안 인근 바다에서 모멘트 규모 9.1의 해저 지진으로 인한 인도양 지진해일로 인하여 15만 명 이상이 사망하고 수만 명이 실종되었으며, 백만 명이 넘는 이재민이 발생하였다. 이와 같이 많은 인명과 재산피해를 내는 해일은 바다에서 높은 파도가 밀려와 육지를 범람시키는 현상으로 폭풍에 의해서 발생하는 것과 지진처럼 외부적인 충격에 의해서 발생하는 것이 있다. 이 중 태풍이나 저기압 등에 의해 생기는 것을 폭풍해일(storm surge) 또는 태풍해일(typhoon surge)이라 하고, 지진이나 화산활동 등에 의해 생기는 것을 지진해일(쓰나미)이라고 한다.

우리나라도 여름철 태풍의 내습으로 인하여 폭풍해일이 자주 발생하고, 지진 다발지역인 일본과 인접하여 지진해일로부터도 결코 자유롭지 못하다.

나. 해일 재해대책

(1) 지역방재계획상의 해일대책

(가) 구조적 대책과 비구조적 대책의 일체화 * 해일피해를 방지하기 위해서는 해안제방과 수문 정비 등의 구조적인 면과 경계, 피난체제의 강화라는 비구조적

■ <표 8> 우리나라의 주요 해일 피해 이력

발생연도	원인	피해현황
1959	태풍사라	초대형 태풍으로 남해안 일대 극심한 해일 피해 유발
1968	폭풍해일	강원도에 내습한 태풍에 의한 해일 피해
1983	지진해일	일본 동해 중부지진에 의한 해일로 임원항 등 동해안 일대 대규모 피해
1993	폭풍해일	온대성 저기압에 의한 강풍으로 부산 지역 피해
1993	지진해일	일본 북해도 남서외해 지진에 의한 해일로 동해안 일대 피해
1997	백중사리	백중(음력 7월 15일)일의 극고조와 태풍 위니의 간접 영향으로 서해안 해면 상승, 범람 피해
2003	태풍매미	우리나라 폭풍해일 사상 최대 규모의 해일 피해

인 면이 일체가 된 종합적인 대책이 중요하다.

(나) 지역 관계자가 동참하는 방재대책 * 주민, 해안 이용자, 기업, 행정의 해일 위험성에 대한 공통의 인식으로 자신의 안전을 스스로 지킨다는 기본 인식을 바탕으로 일체적으로 취급하는 것이 중요하다.

(다) 동시 발생하는 재해에 대응 * 호우에 의한 내수범람과 산사태, 토석재해 등 해일 발생 시 동시에 발생하는 재해를 고려할 필요가 있다.

(라) 피해 형태의 변화에 대응 * 인구, 배후지 자산의 집적 등에 더하여, 지하공간의 활용 전개에 동반되는 지하상가의 해일침수 등 최근의 피해형태 변화에 대응한 방재대책이 필요하다.

(2) 해일 대책을 강화하는 데 필요한 사항

(가) 해일방재시설 정비의 관점으로부터 해일대책

- * 월류한 해수가 장시간 저수되어 피해가 확대되는 것을 막기 위해서 내수대책을 동시에 강구하는 조치가 필요하다.
- * 방재시설을 정비하는 일 이외에 적절히 유지, 관리하는 일이 필요하다.
- * 해안과 해안부근의 각 시설(하천시설, 항만시설, 어항시설, 간척시설)과의 정비를 연계하여 행할 필요가 있다. 특히 항만, 어항은 이용 면을 고려하여 정비하는 것이 중요하다.

(나) 지역계획의 관점으로부터 해일대책

- * 임해단지의 재개발 계획으로 토지이용 규제 등을 활용하고 해일에 강한 토지계획을 추진할 필요가 있다.
- * 피난·구호의 거점적 성격을 가지는 학교, 병원 등의 공공시설의 배치와 구조, 교통 시설 등 골격이 되는 도시기반의 배치에 대해서도 해일에 대해 충분한 안전성을 확보하는 것이 중요하다.
- * 임해단지에서는 건물의 구조 등을 고려하고 지하철 등의 지하공간에는 방조문 등의 침수대책을 실시할 필요가 있다.



■ <표 9> 지진해일과 폭풍해일의 비교

구분	폭풍해일	지진해일
발생 원인	태풍 등의 통과에 따른 흡입, 분출작용으로 바다에 장파가 형성되어 전파	해저지진(진원의 깊이 120km 이하, M6.0 이상), 화산분출, 해저면 붕괴
특성	<ul style="list-style-type: none"> · 1hpa에 약 1cm의 해면 변위가 발생한다. · 태풍의 동측에서는 태풍의 진행속도가 더해지기 때문에 풍속이 커지고 해면을 미는 힘이 더욱 커진다. · 해면을 밀치는 힘은 기압차에 거의 비례한다. · 폭풍해일로 인한 해면의 상승과 저하가 수 시간 지속된다. · 압력은 거의 정수압 분포를 따른다. · 만조시 중첩되면 최대 파고는 커지게 된다. · 폭풍해일의 계산 정확도는 바람장의 정확도에 따라 거의 결정된다. 	<ul style="list-style-type: none"> · 해저지반이 융기하면 제파는 (+)파로 되고, 역의 경우 (-)로 된다. · 전달속도는 중력과 수심의 평방근으로 주어진다. 예를 들어, 수심 1,000m에서 시속 360km가 된다. · 지진해일의 내습 파고는 해저지형과 파형에 따라 변화하고 수심이 낮은 해역이 좁아지면 증폭한다. · 큰 운동 에너지를 가지고 있기 때문에 방파제나 호안의 높이와 지진해일의 높이가 같아도, 충돌하면 월류하게 된다. · 파장은 거의 단층의 크기에 따라 변화하고 수회 내습하는 경우가 많다. · 지진해일의 전파에 동반하여 해면으로부터 해저까지의 전체 해수가 움직이기 때문에 육상에서의 반사파가 크며, 동해와 만 내부에서는 반사파가 증폭되어 커지기도 하고 반나절 정도 지진해일의 진동이 남게 된다. · 정확도가 높은 초기 파형과 해도가 있다면 계산오차는 수% 이내가 된다.

- 항만, 어항에 있는 선박과 어구 등의 유출에 의해 배후지로 피해가 발생하지 않도록 하는 대책이 중요하다.

* 대형선박은 태풍의 영향권에서 비교적 안전한 장소로 이동한다.

(다) 방재체제 관점에서의 해일대책 강화

* 방재정보의 수집으로부터 경계·피난·피해가 발생할 때의 대책까지 시·군·구, 시·도, 국가 등의 관계기관이 연계되어 방재대책을 수립할 필요가 있다.

* 주민 각자의 적절한 역할분담을 기초로 하여 행정에 의한 조치와 연계하여 방재대책을 숙지할 필요가 있다. (☞)

