

# 태풍 루사(RUSA)로 인한 사면붕괴재해 피해현황

박덕근<sup>\*1</sup>, 김태훈<sup>\*2</sup>

## 1. 서론

2002년 8월 31일을 기해 전남지방에 상륙한 제15호 태풍 루사(RUSA)(이하 루사)는 사망, 실종, 부상 등 총 인명피해 331명, 재산피해 약 5조 4,698억 원이라는 우리 나라 재해역사상 가장 큰 피해를 유발하였다. 특히, 강릉 지역은 최대 일강우량이 870여 mm가 넘으며 통신, 전기, 수도, 도로와 같은 국가기간망의 파손을 초래하는 등 사상 초유의 피해를 입게 되었다. 또한 양양, 속초, 삼척, 고성 등 영동지역과 김천 등의 영남지방에는 하천에 휩쓸려 사망하거나 산사태 및 토사매몰로 인한 사망자가 속출하는 등 심각한 인명피해가 발생하였다.

특히, 태풍으로 인한 전체 사망피해자 194명 중 산사태 및 매몰사고로 숨진 인명피해자는 총 63명으로 전체 사망자의 약 32%를 차지하며 연평균 산사태 사망비율인 22%를 초과하였다.

향후 이와 같은 태풍에 의한 사면붕괴 재해는 산지 개발이 증가함에 따라 더욱 증가할 것으로 예측되며 이에 대한 복구 및 예방대책 또한 과거와 같은 사후 복구중심에서 벗어나 예방중심의 방재체제로의 전환이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

국립방재연구소에서는 2002년 8월 31일에서 9월 1일 사이에 루사로 인하여 발생한 산사태 및 사면붕괴 사고현장을 살펴보고 붕괴양상과 원인에 대한 현장조사를 실시하였으며 이를 정리하면 다음과 같다.

\*1 정회원, 국립방재연구소 토목연구관

\*2 정회원, 국립방재연구소 연구원

## 2. 현장조사

### 2.1 피해현황

태풍 루사로 인해 발생한 집중호우는 전국적으로 많은 강우량을 유발시켰으며 강원도 지방과 영남 지방을 중심으로 하천범람, 주택침수, 산사태 등으로 인해 많은 인명 및 재산피해를 발생시켰다. 특히, 강원도 강릉시는 연평균 강수량(1,401.1mm)의 62%에 육박하는 870.5mm의 강우가 하루만에 내렸다. 뿐만 아니라, 동해를 비롯한 영동지역과 상주, 합천, 장수, 순천 등 경상·전라지역에서도 기존 강수량의 기록을 갱신하는 등 많은 비가 단시간에 집중적으로 내렸다. 루사로 인하여 발생한 인명피해 및 재산피해를 정리하면 표 1과 같다.

표 1에서 보면 루사로 인한 총 인명피해는 사망

표 1. 루사로 인한 인명 및 재산피해

구분	내용	
	인명피해	사망
	실종	46 명
	부상	91 명
침수	농경지	34,414.85 ha
	도시	233.10 ha
건물		36,948 동
선박		1,052 척
농경지		15,611.66 ha
농작물		180,513.94 ha
공공시설		4,439,993,771 천원
사유시설		599,595,841 천원
총 피해액		5,469,780,763 천원

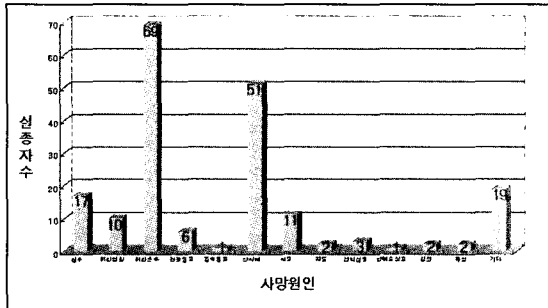


그림 1. 원인별 인명피해 현황(사망)

194명, 실종 46명, 부상 91명, 총 331명으로 집계되었으며, 약 5조 4,698억 원의 재산피해를 발생시켰다. 이 중 인명피해를 사망원인별로 분류하면 그림 1과 같다.

그림 1에서 보는 바와 같이 산사태 및 매몰, 옹벽 붕괴 등과 같은 사면붕괴 관련 피해자는 총 63명으로 나타났다. 루사로 인해 사면붕괴 관련 인명피해가 크게 발생한 원인 중 하나로는 태풍 내습 이전인 8월 4일부터 11일 사이 발생한 집중호우를 들 수 있는데 사면 내에 존재하고 있는 수분이 미처 제거되지 못한 상태에서 연속적으로 진행된 태풍은 산사태 발생빈도를 더욱 증가시켰을 것으로 판단된다.

또한, 산사태 인명피해는 총 51명으로 전체 사면붕괴 관련 사망자 63명 중 81%를 차지하며 가장 많은 인명피해를 보였다. 다음으로 매몰, 옹벽붕괴 순으로 인명피해가 발생한 것을 알 수 있다.

## 2.2 조사지역 선정

루사에 의해서 전국에 걸쳐 많은 사면붕괴 관련 피해가 발생하였으나 조사기간 및 인원 등의 부족으로 가장 피해가 많이 발생한 지역 특히, 인명피해가 유발된 영동지역을 중심으로 현장조사를 실시하였다. 이는 다시 자연사면 2개소와 도로절개지 사면 1개소로 구분할 수 있는데 각 현장의 피해현황을 정리하면 표 2와 같다.

표 2. 조사지역 피해현황

발생일시	장소	피해내용	비고
2002년 8월 31일	강원도 강릉시 왕산면 - 삼당령 35번 국도	사망 3명 (확인)	도로 절개지사면
2002년 9월 1일	강원도 양양군 양양읍 청곡 1리	사망 2명	자연사면
2002년 8월 31일	강원도 속초시 설악동 ○○○모텔	매몰 6명	자연사면

## 2.3 강원도 강릉시 왕산면 - 삼당령 35번 국도

본 현장은 2002년 8월 31일 오전 9시 강릉-임계방면 국도 35번 도로에서 폭 18m, 길이 약 23m의 토사사면이 무너져 내리면서 도로상에 교통지체로 정차 중인 차량 10대를 매몰시키며 인근지역 교통을 마비시켰다. 사고현장은 사고발생전 소규모 낙석사고가 발생, 교통소통을 기다리기 위해 정차 중인 상태에서 피해가 발생하여 붕괴 폭이 그리 크지는 않았지만, 매몰 차량이 많았던 것으로 판단되며 그 결과 많은 인명피해를 유발하게 되었다. 붕괴형태는 활동(Sliding)으로 보이며 기반암이 노출되어 있는 것으로 보아 표토층이 태풍으로 인한 집중호우로 간극수압이 상승, 암반층과 분리되면서 사면붕괴가 발생한 것으로 보인다. 약 6m의 도로는 편도 1차선 규모의 차선만 설치되어 있어 사면붕괴나 낙석사고 발생시 토사나 버럭돌 등을 수용할 수 있는 여유공간이 절대적으로 부족한 것으로 판단되었으며 옹벽이 설치되어 있었던 것으로 보이나, 사고당시의 토사를 지탱하기에는 역부족인 것으로 판단되었다. 전체적으로 국도 35번 도로는 절개사면이 많이 존재하고 있으며 도로 맞은 편에는 호안을 두고 도로가 설계되어 있기 때문에 사면붕괴시 대피공간의 부족으로 인해 대형 사고 발생위험이 크고, 낙석사고시 교통이 장시간 마비되는 특징을 보이고 있다. 따라서, 이와 같은 사면붕괴 위험지역은 특별관리를 통해 우기전에 사면을 점검하여 사면붕괴 재해를 사전에 방지해야 할 것으로 판단된다.

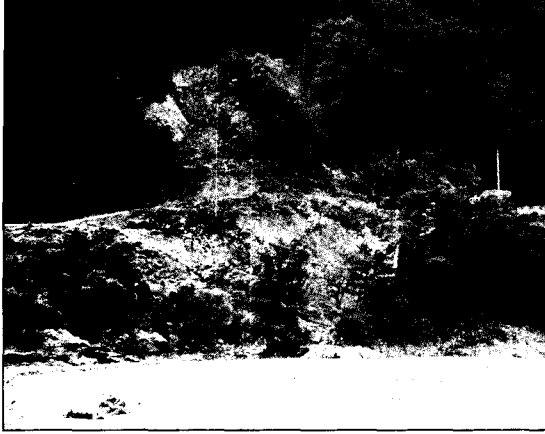


그림 2. 왕산면 사고현장의 전경



그림 3. 사고현장 주변의 매물차량

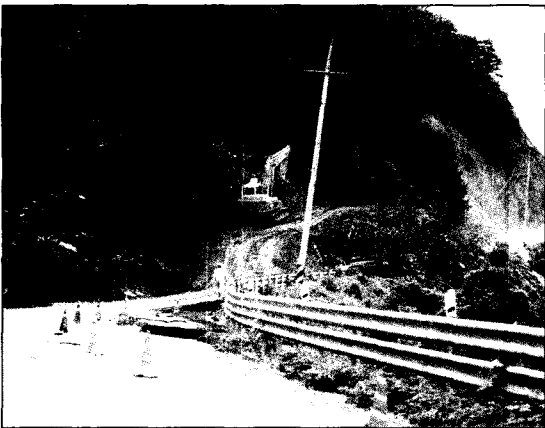


그림 4. 임계방면에서 본 사고현장

## 2.4 강원도 양양군 양양읍 청곡 1리

본 사고현장은 2002년 9월 1일 오전 2시경 집중호우로 인하여 피해가옥 후면에 위치한 너비 약 10m, 길이 약 20m의 사면에서 토석류(Debris Flow)가 발생, 하부로 밀려 내려와 주택을 완파시켰으며, 2명의 사망자가 발생하였다. 특히, 사면 하부에는 약 1m 정도의 단차가 있어 사면파괴면은 상부로의 상향이동을 통해 피해가옥을 정면으로 덮쳐 주택을 완파, 측면으로 이동시켰다. 산사태발생 사면은 자연사면으로 배수로가 없었지만, 집중호우가 예상될 경우 해당 관청에서는 산사태 위험 사면 특히, 하부에 주민이 살고 있는 경우에는 자연·인공사면의 구별없이 예찰활동을 강화하여 경우에 따라서 대피 등의 후속대책을 수립하는 것이 필요하다고 판단된다. 특이할 만한 점으로는 사망사고 발생 인근 사면에서도 산사태가 발생하여 하부에 위치하고 있는 2층 규모 콘크리트 벽돌 주택으로 밀려 내려왔으나, 주택의 외벽 벽돌만 파괴되었고 건물 자체는 큰 피해를 입지 않았다. 반면, 바로 아래에 위치하고 있는 건설회사 숙소용 컨테이너 박스는 완만한 토사의 흐름에도 불구하고 완파되었다. 따라서, 산사태로 인한 정도의 차이는 있을 수 있지만, 향후 낙후된 가옥을 보수·보강하는 것도 산사태 피해를 조금이나마 경감시킬 수 있는 방법 중 하나로 고려될 수 있을 것이다.



그림 5. 청곡1리 인명피해발생 주택



그림 6. 집터에서 이동된 주택



그림 7. 피해가 미미한 콘크리트 벽돌 주택

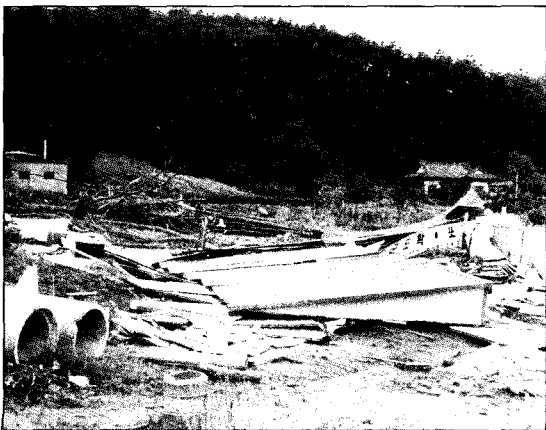


그림 8. 완파된 임시건축물(컨테이너)

## 2.5 강원도 속초시 설악동 C지구 000모델

본 현장은 2002년 8월 31일 집중호우로 인해 폭 약 8m, 길이 15m 정도의 사면이 하부로 밀려 내려와 사면 하부에 위치하고 있는 집단숙박시설의 지상층과 지하층을 덮쳐, 총 6명이 토사에 매몰되었으나, 모두 구조되었다. 파괴형태는 집중호우에 의해 물과 토사가 섞여서 흘러 내려오는 토석류(Debris Flow)로 판단되어지며 건물 뒤편에 설치되어 있던 옹벽이 내려온 토사를 감당하기에는 역부족이었던 것으로 판단된다. 유실 잡목 또한 토사와 함께 하부로 내려와서 건물외벽의 공간에 적체되어 있었다. 한편, 옹벽과 건물 외벽사이의 간격이 협소하여 토사의 힘을 분산시킬 수 있는 여유 공간의 부족으로 산사태 피해가 가중되었던 것으로 보인다. 사고현장은 설악산 관광을 위한 민박밀집지역으로 특정시기에 일시적인 인구집중도가 증가되는 지역이다. 그러므로 사고발생시 대형사고로 이어질 가능성이 높다. 또한 산지 바로 하부에 건물이 건축된 경우가 대부분이어서 집중호우시 산사태발생으로 토사유출이 예상되며, 이러한 토사들이 밀려와 건물을 붕괴시킬 가능성이 크기 때문에 다른 지역에서보다 산사태로 인한 토사유출 피해를 예방하는데 더욱 주의하여야 한다. 또한, 본 현장처럼 지하층과 지상층이 토사로 매몰되었을



그림 9. 설악동 사고현장

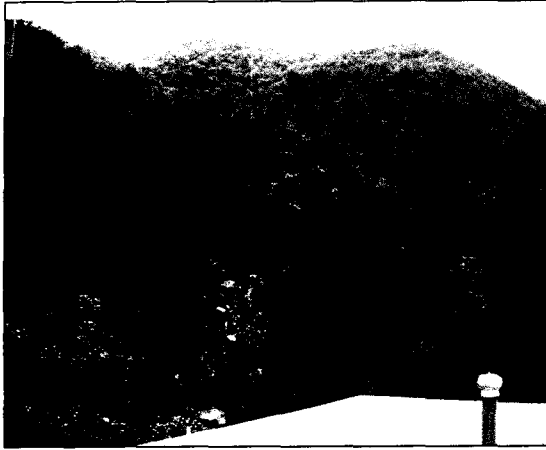


그림 10. 산사태 유발사면의 전경

경우 입구가 붕괴되므로, 상층부의 사람들의 탈출이 가능하도록 비상탈출구조물이나, 기구들의 설치도 필요할 것으로 판단된다.

### 3. 원인 및 대책

금번 루사로 인한 인명피해가 유발된 사면붕괴 지역 3개소에 대한 현장조사를 실시한 후 그 원인을 살펴보면 다음과 같다.

#### ① 사면붕괴 취약지에 주거 및 생활공간 조성으로 인명피해 유발

- 사면 직하부에 인가 등이 설치되어 호우로 인한 유실 매물
- 대규모 위탁시설의 경우 건축물의 준공허가 시 산사태에 대한 위험성 고려 부족

#### ② 자연사면의 배수처리시설 미비

- 자연사면의 경우 배수시설 미비로 집중호우 시 사면 붕괴의 원인으로 작용

#### ③ 도로변의 옹벽 및 토사방지시설 미비로 대규모 피해 확대

- 사면붕괴 발생지역의 옹벽, 축대 등 토사방지 시설의 토사제어능력 초과

토사방지시설 설치시 단순 시방적용으로 사고 발생

#### ④ 도로변 사고관리 능력 부족

- 단순 차선만 설치하여 교통사고나 토사유출 등 비상시 도로 여유폭 부족
- 낙석사고 등의 사면붕괴 복구 시 관할 기관의 교통통제 미비로 피해증가

이와 같은 다양한 원인에 의해 발생하는 사면붕괴 재해를 방지하기 위해서는 첫번째로, 사면붕괴위험 지역 지정 등을 통한 단계적 정비 및 위험지역 거주 주민의 이주를 유도하며, 대규모 위탁시설의 경우 사고 발생시 대형사고로 직결되므로, 준공시 주변지역 사면안정에 대한 안정성 검토를 실시하여야 할 것으로 판단된다.

두번째로, 자연사면의 배수처리시설 설치 및 지속적인 예찰활동이 필요하다. 자연사면의 경우, 과거에는 자연적인 流下만으로도 사면의 안정성이 확보될 수 있었으나, 금번 집중호우와 태풍피해의 경우와 같이 단시간에 다량의 강우가 발생할 경우 자연사면에 서조차 배수시설이 미비하다면 사면 붕괴의 원인으로 작용할 수가 있다. 따라서, 인공사면뿐만 아니라 자연사면의 경우에도 산사태 위험도가 높은 경우 적절한 배수처리시설 설치하는 것이 바람직하며 우기 전·중·후의 지속적인 감시·감독 및 인근 주민의 자발적 관심 및 참여를 유도하여야 한다.

세번째로는, 도로변의 옹벽 및 토사방지시설의 적정성 검토가 필요하다. 금번 재해의 경우 사면붕괴 발생지역 대부분의 옹벽, 축대 등 토사방지시설이 그 기능을 제대로 발휘하지 못하고 있는 것으로 판단되었다. 향후 이러한 구조물설계시에 집중호우로 인한 파괴형태를 고려하여 충분한 토사제어능력을 확보하는 것이 무엇보다 시급하며, 토사방지시설 설치시 단순하고 일률적인 시방적용보다는 사면붕괴 위험성이 있는 경우 지질특성을 고려한 합리적이고 과학적인 시공이 필요할 것으로 사료된다.

네번째로는, 도로변 사고관리 능력의 강화가 필요

하다. 고속도로와 달리 임도나 국도의 경우 단순 차선만 설치하여 교통사고나 토사유출 등 비상시 도로의 여유폭 부족으로 사고가 대형화되는 경우가 빈번하게 발생한다. 특히, 삼답령 국도 35번의 경우 절개지가 도로에 근접해 있고, 맞은 편에는 하천이 흐르고 있어 사고발생시 긴급히 대피할 곳이 전무하였다. 낙석 및 산사태 발생 위험도가 큰 도로에서는 토사로 인한 매몰 등과 같은 직접적인 피해를 최대한으로 줄이기 위한 최소한의 여유공간을 확보하는 것이 중요하며, 산사태 복구활동 등으로 인한 추가 산사태 피해를 방지하기 위해 복구주변 지역의 교통통제가 철저히 이뤄져야 할 것이다.

마지막으로, 산사태 위험지역 노후주택의 개량화를 들 수 있는데 산사태로 인한 토사 발생시 가옥의 노후화는 인명피해를 가중시키는 요인으로 작용될 수 있다. 따라서, 산사태 위험지역의 주택붕괴사고를 저감하기 위한 노후화주택 개량화를 단계적으로 추진하는 것도 산사태 피해를 현실적으로 저감시키는 방법의 일환이 될 수 있을 것이다.

## 4. 결론

최근의 재해의 양상을 단적으로 표현하자면 『집중화』와 『대형화』이다. 루사 역시 이러한 재해양상을 우리에게 다시 한번 보여주고 있다. 건국 이래 최대의 재산피해를 발생시킨 루사는 수많은 인명피해를 유발하였으며, 특히 산사태로 많은 사망자를 발생시켰다. 최근 정보·전자통신기술의 발달로 인해 인공위성 및 인터넷을 활용한 정보·자료의 수집과 GIS시

스템의 범용화를 통해 산사태 예방정보를 분석할 수 있는 수준에 이르고 있다. 하지만 국내의 경우 아직 까지도 많은 산사태관련 재해 및 대처방안이 과거 기술의 답보수준에 머물러 있는 안타까운 실정이다. 금번 사면붕괴 재해의 경우에도 天災로 치부할 수 있는 산사태도 있었으나 최소한의 관심만으로도 많은 인명피해를 줄일 수 있는 산사태도 분명 존재하였다. 산사태를 사전에 모두 예방하는 것은 현재의 기술력으로는 어려운 것이 사실이다. 하지만 산사태발생에 대한 통계적 접근이나 지형적인 요소를 고려하여 산사태 발생이 예상되는 지역을 재해지역 등으로 지정하여 인적·물적 피해를 최소한으로 줄이고자 하는 노력이 그 어느 때보다도 필요한 시점이다.

또한, 산사태예방정책에 있어 현재의 응급복구수준을 넘어서는 중장기적 대책을 마련하는 것도 필요하다. 전술한 바와 같이 사면불안정지역 분포도 작성과 이에 따른 개발제한, 집중호우를 고려한 표준시방서의 제정, 실시간 예·경보시스템의 도입, 산사태보험도입, 최근의 재해양상에 대처할 수 있는 국가차원의 조직정비, 그리고 관련 연구기관 등의 지속적인 연구수행과 이를 위한 예산의 뒷받침이 있어야 할 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 현장조사에 도움을 주신 국민대학교 조남준 교수님과 고평남(국민대학교) 학형에게 감사의 말씀을 드립니다.