

2002년 8월 집중호우로 인한 사면붕괴재해 피해 현황

박덕근^{*1}, 김태훈^{**}

1. 서론

우리나라의 사면붕괴는 매년 7~9월 태풍 및 집중 호우가 발생하는 시기에 집중적으로 발생하는 것이 특징이며 축대, 옹벽, 절취사면 붕괴 및 자연 사면에 서의 산사태로 인하여 연평균 23명의 사망자(전체 연평균 재해사망자 109명 중 22% 정도)와 막대한 재산 피해를 초래하고 있다. 특히, 산업화·도시화에 따른 경사지 개발로 인해 산사태 및 사면붕괴로 인한 인명 및 재산피해는 증가하고 있는 실정이다.

'02년도 예외는 아니어서 8월 4일부터 11일까지의 집중호우로 인해 경기, 강원, 영남지역에 걸쳐 사망 16명(실종 1명 포함) 및 다수의 재산피해가 발생하였다. 그 중 산사태 및 축대 붕괴 즉, 사면 붕괴로 사망한 인명 피해자는 총 13명(행방불명 1명 포함)으로 전체사망자 수의 81%라는 가장 큰 비중을 차지하는 것을 알 수 있다(표 1).

국립방재연구소에서는 매년 사면붕괴 및 산사태 피해를 교훈삼아 향후 발생할 사면붕괴 등의 재해에 대비할 수 있도록 산사태 현장조사를 통한 원인분석 및

표 1. '02 8월 4일 ~ 11일 집중호우로 인한 사면붕괴재해 인명피해 현황

2002년 8월 6일	강원도 춘천시 북산면 추곡리 1164번지 2/2	사망 1	면사무소관내 순찰 중 발견 사슴 20여 마리도 같이 매몰
2002년 8월 7일	강원도 원주시 일산동 축대붕괴	사망 1명	
2002년 8월 7일	충북 충주시 가금면 하구암리 74번지	부상 2명	
2002년 8월 7일	경기도 이천시 마장면 관 1리 1052-95	부상 2명	돼지축사 2동 붕괴
2002년 8월 10일	부산시 기장군 정관면 아산	사망 4명	장애인 요양시설 매몰
2002년 8월 10일	경북 울릉군 북면 석포리	사망 1명, 부상 1명	
2002년 8월 10일	경남 양산시 물금읍 물금리 산 34번지	사망 1명, 부상 1명	새벽 4~5시 70mm/h의 강우량 기록
2002년 8월 10일	경주시 외동읍 구어리725-2	부상 2명	대송(주)자동차도장공장 매몰
2002년 8월 10일	경남 양산시 원동면 영포리 10-2	사망 3명	도로유실
2002년 8월 10일	경남 김해시 주촌면 내삼농공단지	사망 1명(수색중)	공장 4개동 매몰, 직원 18명 매몰(17명 구조)
2002년 8월 10일	경북 울릉군 저동 2리	부상 2명	낙석
2002년 8월 10일	경북 울릉군 사동 1리	부상 2명	
2002년 8월 11일	강원도 동해시 묵호동 산 45번지 8/3	사망 1명	바위, 토사량 약 0.5t
사상자 총계		사망 13명, 부상 12명	내삼농공단지에서 구조된 17명은 제외

주) 원고마감 일정상 2002년 8월 29일부터 31일까지 발생한 태풍 제 15호 루사에 의한 피해 현황은 누락된 상태임

*1 정희원, 국립방재연구소 토목연구관

** 정희원, 국립방재연구소 연구원

대책방안을 연구하고 있으며 올해 8월까지 인명피해가 발생한 사면붕괴 현장조사를 정리하면 다음과 같다.

2. 현장조사

'02년 8월 집중호우에 의해서 전국에 걸쳐 많은

표 2. 국립방재연구소에서 실시한 사면붕괴 현장조사 지역

시도	조사 산사태 수	지역
강원도	3	춘천, 원주, 동해
경상북도	1	경주
경상남도	4	양산(2), 김해, 부산
충청북도	1	충주
경기도	1	이천
계	10	

피해가 발생하였으나 조사기간 및 인원 등의 부족으로 가장 피해가 많이 발생한 지역 특히, 인명피해가 유발된 경기, 강원, 영남지역을 중심으로 현장조사를 실시하였다(표 2).

2.1 강원도 지역

(1) 강원도 춘천시 북산면 추곡리 1164번지 2/2

본 지역의 산사태는 국내 대규모 산사태 재해의 대부분을 차지하는 토석류(dedris flow)로 판단된다. 일반적으로 토석류는 활동깊이에 비해 활동길이가 상대적으로 큰 것이 특징으로 본 지역의 산사태 또한 길이가 4km에 이르며 활동대상 지역의 건물과 축사 등과 같은 시설물을 흔적도 없이 쓸어 버렸다. 현장 주변에는 사면 상부에서부터 흘러 내려오는 것으로



그림 1. 춘천 북산면 토석류 현장(I)



그림 2. 춘천 북산면 토석류 현장(II)



그림 3. 원주시 축대붕괴현장



그림 4. 옹벽붕괴로 완파된 주택

보이는 1.5×1.5m 정도 크기의 버럭돌(boulder)들이 널려있었으며, 길이 10여m 이상으로 보이는 적송(赤松)들이 뿌리째 뽑혀 있었다. 토석류 발생사면 중간부분에 있던 도로석축내부에는 하류로 계곡물을 유하시키는 하수관이 매설되어 있었으나 사고당시의 유수를 제어하기에는 역부족이었을 것으로 판단되었다.

(2) 강원도 원주시 일산동 중앙초교 인근주택의 축대붕괴

본 지역에서의 사고는 도심지 주택가에서 흔히 발생하는 축대붕괴형 사면붕괴로 판단되어지며 집중호우로 인해 지반이 포화되면서 사면의 활동력이 증가함에 따라 발생하였다. 이러한 붕괴의 가장 큰 원인은 집중호우로 인한 침투수발생, 간극수압의 증가, 해당 사면의 배수상태 불량 등이다. 도심지 축대붕괴 사고는 사고 발생시 구조 및 작업차량의 진입이 불가

하여 매몰시 많은 인명피해가 발생할 수 있는 특징을 가지고 있다.

(3) 강원도 동해시 묵호동 산 45번지 8/3

본 지역은 묵호항에 인접한 사면으로 고지대에 많은 주택들이 주거하고 있으며 해안으로부터 오는 바닷바람으로 인해 다른 지역보다 사면풍화가 상당히 진행되었을 것으로 보이며 주변에 돌로 석축을 축조해 놓은 곳이 많아서 전체적으로 사면붕괴 위험성이 큰 것으로 판단된다. 사고는 암반이 노출된 사면에서 이탈된 1.0×0.6m크기의 마름모꼴 암석 덩어리(1t 가량)가 2m 아래로 흘러내리는 썸기파괴(wedge failure)형태로 발생되었다. 암석이 이탈된 사면의 절리면에는 진흙과 같은 충전물질이 포화되어 붕괴를 유발한 주요원인으로 보인다. 현 지역은 재해위험지구로 지정되어 있지 않아 별다른 조치사항이 취해지지 않기 때문에 향후 산사태 위험성이 클 것으로 사료된다.

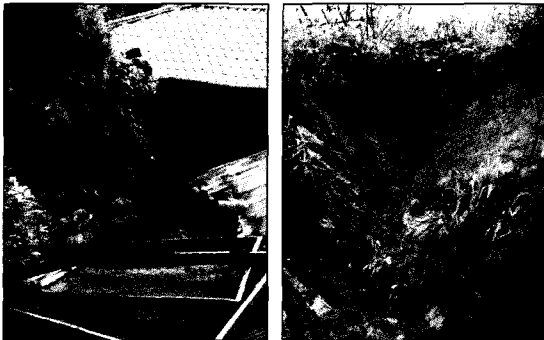


그림 5. 동해시 낙석사고 현장 그림 6. 썸기파괴의 전형적인 형상

2.2 영남 지역

(1) 경북 경주시 외동읍 구어리 725-2

본 지역은 집중호우에 인한 공장 뒷편의 넓이 20~25m, 높이 10m의 절개지 토사가 활동파괴(sliding)를 일으켜 석축 및 공장건물을 덮친 것으로 판단되며, 석축은 붕괴되지 않았지만, 공장건물이 반파되



그림 7. 경주시 사면붕괴현장



그림 8. 붕괴사면의 전경

었다. 사고원인은 집중호우와 배수불량으로 보이며 특히, 본 현장의 석축에 설치된 배수구는 조사당일(8월 15일) 강우가 발생하는 상황에서도 배수가 되지 않았던 것으로 확인되었으며 따라서 배수불량이 가장 큰 원인으로 판단되어 진다.

(2) 경남 양산시 물금읍 물금리 산 34번지

본 현장은 집중호우로 인한 사면의 전단응력 감소로 인해 산을 덮고 있던 표토층이 산 하부로 붕괴된 활동과괴(sliding)로 판단되어지며 특히, 활동면이 다른 현장과 달리 깊지 않아 무한사면의 파괴와 유사하다. 특히, 이 지역은 토지공사의 토지매입으로 인해 현 주거자들이 3개월에 한번씩 계약을 통해 주거하기 때문에 산사태에 대한 어떠한 예방조치도 취해지지 않은 것으로 보인다.

(3) 경남 양산시 원동면 영포리

본 현장은 69번 국도에 위치한 배태고개 중간 부근의 국도가 집중호우로 유실되면서 도로를 지지하고 있던 사면이 하부로 활동과괴(sliding)를 일으키면서 주변의 인가를 덮쳤다. 주요 원인으로는 집중호우에 의한 붕괴를 들 수 있으나 또 다른 원인으로는 충분한 배수 부족, 시공다짐 등과 같은 도로공사의 시방서 미준수, 산악지역의 산사태 위험지에 대한 주거공간조제, 관공서의 주민대피지시 소홀 등을 들 수 있다.

(4) 경남 김해시 주촌면 내삼농공단지

본 지역의 산사태는 2002년 8월 발생한 산사태 중 가장 큰 규모를 보였다. 약 75,000m²의 토사가 하부로 이동하여 농공단지 내 공장 8개 등에 피해를 입혔



그림 9. 양산시 물금읍 산사태 현장

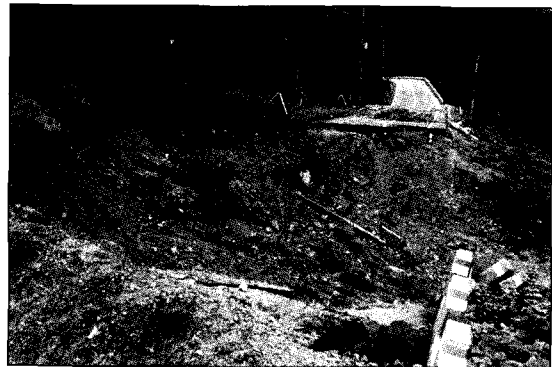


그림 10. 양산시 원동면 산사태 현장



그림 11. 김해시 산사태 현장



그림 12. 부산시 기장군 산사태 현장



그림 13. 충주시 가금면 산사태 현장

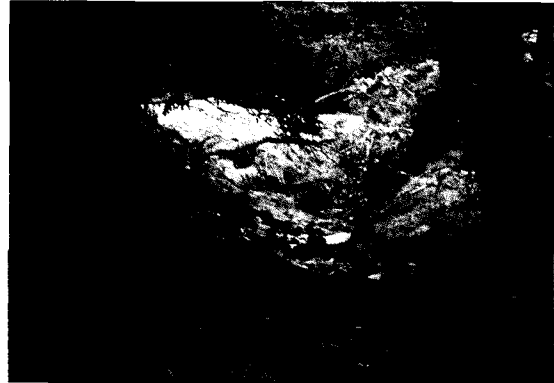


그림 14. 이천시 마장면 산사태 현장

으며 특히, 농공단지조성을 위해 소단처리 및 숯크리트와 쏘일네일링 등으로 처리된 사면에서 설계시 예상한 파괴면보다 더 깊은 파괴면에서 사면파괴가 발생한 것으로 보아 사면안정성 고려시 사면파괴면에 대한 설계에 한계가 있었던 것으로 짐작되며 주택지가 아닌 농공단지에서 발생한 산사태의 경우 가스, 전기시설과 같이 폭발을 일으킬 수 있는 시설물이 구축되어 있으므로 이에 대한 대비도 필요할 것으로 보인다.

(5) 부산시 기장군 정관면 달산리 「실로암의 집」

부산시 기장군 사회복지시설 실로암의 집 요양시설(지상4층, 연면적 7,901㎡)의 뒷 편에 위치하고 있던 약 35°경사로 절개(높이 약 30m, 넓이 약 55m)된 사면에서 8월 10일 오전 7시 40분경 상부로부터 산사태가 발생하였다. 하부기반암과 상부풍화토의 경계를 따라 약 2,500톤 가량의 토사가 하부로 활동하여 4층 건물 가운데 1층이 5톤가량의 흙으로 매몰돼 방 2칸에 나뉘 있던 어린이 11명 가운데 4명이 사망하였다. 이 사고의 원인은 집중호우시 배수불량으로 우리나라에서 자주 발생하는 전형적인 활동 산사태(slide)로 판단되어지며 1.5m높이의 옹벽과 2m펜스가 건물뒤쪽으로 설치되어 있었으나 토사제어에는 역부족이었던 것으로 사료된다.

2.3 충북 및 경기지역

(1) 충북 충주시 가금면 하구암리 74번지

본 현장은 집중호우에 의한 활동파괴(sliding)로 판단되며 도로변 흩터미로 인해 토사가 도로변으로 나아가지 못하고 옆으로 휘면서 이동하여 인근 버섯 농장에 피해를 발생시켰다. 피해자에 따르면 산사태가 발생하기 몇 달 전 인근 레미콘 공장에서 토취채석 허가없이 덤프트럭 6대 분량의 토사가 반출되었고 이로 인한 사면하부의 하중이 제거됨에 따라 상부에서 내려오는 하중을 이겨내지 못하고 피해가 발생한 것으로 판단할 수 있다.

(2) 경기도 이천시 마장면 관 1리

집중호우로 인한 토석류(debris flow)로 판단되어지며 밀려 내려온 토사가 사고현장 전체에 퍼져있었다. 산 정상에서부터 산사태가 시작된 것으로 보이며, 활동깊이가 얇고 그에 비해 활동범위가 넓은 모습으로 보아 강원도 춘천에서 발생한 산사태와 유사한 특성을 보이고 있다.

3. 문제점 및 향후 개선대책

금번 산사태의 문제점을 살펴보면 다음과 같다.

- 취약지에 주거 및 생활공간 조성으로 인명피해 유발
- 사면 직하부에 인가 등이 설치되어 호우로 인한 유실 매몰
- 안정공법이 미흡한 부지조성으로 사면 붕괴
- 무리한 토사반출 등 지반교란행위가 피해발생 유발

- 절개지, 경사면 등의 배수처리시설 미흡
- 배수시설이 집중호우 처리에 미흡, 산사태 원인 제공
- 배수시설의 유지관리가 소홀하여 낙엽, 쓰레기 등 집적으로 통수능 저해로 인한 토석류 발생
- 산마루 측구 및 도수로 등을 지표면과 밀착 시공하지 않아 호우시 배수시설 기능 상실

- 옹벽 등 토사방지시설 미비로 대규모 피해 확대
- 옹벽, 축대 등 배수공 틈새시공이 부실, 배면의 배부름 현상을 유발, 전도 발생
- 노후된 축대시설의 관리 소홀로 피해발생
- 부적정 설계 및 시공으로 신설 구조물에서도 전도 및 파괴발생

- 지반특성보다는 사업주체별 사면경사도 등을 일률 적용
- 절도 및 성토사면에 적용되는 표준경사도가 건교부, 주택공사에서 일률적으로 적용, 피해발생
- 단순시방기준적용으로 사면보호공의 깊이, 간격 등이 주관적으로 시공, 사면붕괴 유발

이상과 같은 문제점들을 개선하기 위해서는 사면 취약지역 등의 지정을 통한 단계적 정비 추진과 우기 전·중·후의 지속적인 감시·감독, 인근 주민의 자발적 관심의 유도가 필요하며 지역 강우특성을 고려한 배수로 시설기준 및 지침 개발과 재해대책기간 중의 지속적인 배수로 예찰활동의 강화, 옹벽 등 토사방지시설의 정기점검 등을 통해 노후시설의 집중관리 및 급변 집중호우와 같이 순간강우강도의 증가에 대한 활동력을 고려하여 설계 및 시공감리를 할 수

있는 시방을 마련하는 것이 필요하다.

아울러 제도 및 행정적인 대책도 필요한데 현행 재해위험지구는 상습침수지구 등의 정비에 치중하고 있으며 상대적으로 산사태에 대한 관심이 미흡하다. 이는 전국 537개소의 재해위험지구 중 붕괴위험지구는 고작 69개소에 불과하다는 사실로도 짐작할 수 있다. 또한, 국립방재연구소에서 산사태 위험점검표 등을 발표하여 재해영향평가를 통해 적용중이나, 인명피해를 유발하는 소규모 사면의 적용사례는 전무하며 일본 등 방재선진국에서는 산사태 관련법령을 별도로 제정·운영하고 있으나 국내는 관련기관에서 산발적으로 산사태 관련법령 운영되고 있는 실정이다. 따라서 사면취약지역 조사를 통한 산사태위험지구를 확대 포함시키고 자연재해대책법 등의 관련법령의 개정 및 별도로 제정·운영하는 방안이 마련되어야 할 것으로 판단된다.

행정적인 면에 있어서 산사태 통합법령 제정을 통한 관련기관간의 유기적인 협조체제 구축 및 운영, 선진국에서 활용되고 있는 자연재해보험 중 산사태보험의 포함, 그리고 산사태재해 전담기구를 설치·운영하는 것이 필요할 것이다.

4. 결론

'02 8월 집중호우는 수많은 인명 및 재산피해를 야기시켰으며, 특히 산사태로 많은 사망자가 발생하였다. 그 중 불가항력적인 산사태도 있었으나 조그마한 관심을 가지고 있었다면 인명피해를 예방할 수 있는 산사태 현장도 분명 존재하였다. 앞으로의 산사태 예방정책은 현재의 응급복구수준을 넘어서는 중장기적 대책마련이 시급한 실정이다. 앞서 기술한 바와 같이 사면불안정 지역 분포도 작성과 이에 따른 개발제한, 집중호우를 고려한 표준시방서의 제정, 실시간 예·경보시스템의 도입, 산사태보험도입, 국가차원의 조직정비, 그리고 관련 연구기관 등의 지속적인 연구수행이 뒷받침되어야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 현장조사에 도움을 주신 재해원인분석조사단

홍익대학교 김홍택 교수님, 국민대학교 조남준 교수님께 감사드리며 연구원으로 도움을 주신 강윤(홍익대), 고평남(국민대) 학형에게도 감사를 드립니다.

현장기술자를 위한 기초기술 워크샵

우리 학회 기초기술위원회(위원장 : 김원철 박사)에서는 다음과 같이 “현장기술자를 위한 기초기술 워크샵”을 개최하오니 관심있는 분들의 많은 참석을 당부드립니다.

- 1. 일 시 : 11월 29일 (금요일) 9:40 ~ 16:00
- 2. 장 소 : 한양대학교 HIT관 세미나실
- 3. 등 록 비 : 회원 20,000원, 학생회원 10,000원(이상 논문집 및 중식 제공)
논문집 별도 구입시 10,000원

4. 세부 주제 및 일정표

- 09:00 ~ 접수
- 09:40 ~ 10:00 개회식
- 10:00 ~ 10:40 마이크로 파일의 설계법 - 김원철 박사(두우엔지니어링), 천병식(한양대학교)
- 10:40 ~ 11:20 말뚝거동의 동적해석 - 조천환 박사(파일테크 부사장), 이명환 박사(파일테크 소장)
- 11:20 ~ 12:00 얇은 기초에서의 침하문제 - 이상덕 교수(아주대학교)
- 12:00 ~ 12:40 부주면마찰력을 고려한 말뚝의 설계지지력 산정 - 정상삼 교수(연세대학교)
- 12:40 ~ 13:30 점심식사 (교직원 식당, 제공된 식권사용)
- 13:30 ~ 14:10 말뚝지지 전면기초의 개념 - 권오균 교수(계명대학교)
- 14:10 ~ 14:50 대구경 말뚝의 재하시험 및 축하중전이측정시험
최용규 교수(경성대학교), 장창규 과장(부산광역시 건설본부)
- 14:50 ~ 15:30 현장타설말뚝의 설계 및 시공 - 김명학 교수(인제대학교)
- 15:30 ~ 15:50 휴식
- 15:50 ~ 16:30 교량기초와 세굴 - 광기석 박사(건설기술연구원)
- 16:30 ~ 17:10 단층파쇄대 및 침하에 관련된 대규모 전면기초 설계사례 및 유의사항
김홍택 교수(홍익대학교)
- 17:10 ~ 17:50 연직하중지지거동 - 김명모 교수(서울대학교)
- 17:50 ~ 질의 및 응답

- 5. 문 의 : 최용규 교수(051-620-4753), 권오균 교수(053-580-5280)