

토사재해 저감 대책방안을 위한 사례

Case Study on Preventing method of Sediment-Related Disaster for damage reduce

백 용¹⁾, Yong Baek, 김부생²⁾, Bu-Saeng Kim, 박경부³⁾, Kyung-Boo Park, 김학준⁴⁾, Hak-Jun Kim

¹⁾ 한국건설기술연구원 국토지반연구부 선임연구원, Senior Researcher, Geo-tech Dept., KICT

²⁾ 소방방재청 재해경감팀, Disaster Mitigation Measures Team, Republic of Korea National Emergency Management Agency

³⁾ 한국방재협회 회장, President, Korea Disaster Prevention Association

⁴⁾ 한겨레신문 편집국 지역팀장, Staff Writer, Local News Dept. The Hankyoreh

SYNOPSIS : 매년 발생하는 산사태에 대한 피해를 최소화하기 위하여 일본의 사면 붕괴와 대책방안에 대한 조사를 실시하였다. 지난 2006년 7월 강원도 영서지방에 발생한 산사태 피해 현황을 살펴보고 사방기술의 선진국인 일본을 방문, 이에 대한 자료를 수집 분석하였다. 산악지형으로 구성된 지형이 국내와 매우 유사하고 자연재해가 더욱 많은 일본의 선진 사방대책에 대한 기술을 습득하여 국내형의 기술 개발과 정책결정에 도움을 얻고자 본 조사를 실시하였다. 본고는 수집된 자료를 바탕으로 국내의 정황과 비교하며 정리한 것이다.

Keywords : slope failure, debris flow, landslide, disaster, preventing method

1. 서 론

국토의 70% 이상이 산지로 구성된 국내의 경우, 경사지와 관련된 붕괴로 인하여 매년 피해를 입고 있다. 2006년도 태풍 에위니아와 장마전선의 영향으로 강원도를 비롯한 국내의 많은 곳에 재산 및 인명피해를 가져 왔다. 본고는 국내의 경사지와 관련된 토사재해에 대하여 적절한 대책을 강구하기 위하여 국내의 경사지 붕괴 현황과 일본의 토사관리에 대하여 자료를 수집하고 정리한 것이다. 일본의 경우, 우리나라와 유사하게 산지가 많으며 자연재해가 끊이지 않는 국가로, 토사재해 대책에 대하여 심층적으로 살펴보고자 한다. 본 고의 작성을 위하여 소방방재청과 한겨레의 후원하에 한국방재협회와 합동으로 조사하였다. 관련 자료는 일본 국토교통성, 토목연구소, 그리고 마쓰모토사방관리사업소의 자료를 참고하였다.

2. 이상기후와 경사지 붕괴

최근 기상이변에 의하여 경사지 붕괴와 관련하며 강우량은 연간 강우량 보다는 국지적인 집중호우가 경사지 붕괴에 더욱 영향을 미치는 것으로 나타나고 있다. 2006년 AMeDAS에 의한 일본의 집중호우 자료를 살펴보면 표 1과 같다. 표 1에서 보는 바와 같이 지난 1976년부터 10년 단위로 시간당 50mm 이상의 집중호우가 발생한 횟수는 209회에서 271회로 매년 10% 이상의 증가 비율을 나타내고 있다. 시간당 100mm 이상의 횟수도 급격히 증가하고 있는 상태이다. 토사재해에 대하여 과거 10년간의 자료를 살펴

보면 1995년 881건, 1998년 1629건, 2001년 509건, 지난 2004년에는 2,537건으로 지속적으로 발생하고 평균 900건의 토사재해가 발생하고 있다.

표 1. 국지적 집중호우에 의한 강우량

| 년도 | 1976~1985 | 1986~1995 | 전년 대비비율(%) | 1996~2003 | 전년 대비비율(%) |
|-----------------|-----------|-----------|------------|-----------|------------|
| 시간당 50mm 이상 횟수 | 209 | 234 | △12 | 271 | △16 |
| 시간당 100mm 이상 횟수 | 2.2 | 2.3 | △5 | 4.8 | △208 |

2.1 국내 경사지 붕괴 발생

집중호우와 관련된 경사지 붕괴에 관한 자료는 소방방재청에서 제시한 피해 현황조사를 근거로 하였다. 피해 현황조사 자료중 2006년 강원도 일부 지역의 경사지 붕괴와 관련된 피해는 표 2와 같다. 표 2에서 보듯이 진부면의 경우에는 평창군에 속해 있으며 진부면을 포함할 경우 평창군은 전체 피해의 53%에 달하는 것으로 보고되었다.

표 2. 2006년 강원도 일부지역의 경사지 붕괴 현황

| 구분 | 횡성군 | 영월군 | 평창군 | 진부면 | 정선군 |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 붕괴 현장 수 | 26 | 13 | 32 | 46 | 32 |
| 비율(%) | 17 | 9 | 22 | 31 | 21 |

2.2 일본 토사재해 발생

지난 2006년 7월 15일부터 24일까지 내린 집중호우에 의한 일본의 토사재해 실태를 요약하면 다음과 같다. 전국에서 발생한 경사지 붕괴와 관련된 현장수는 총 648개소에 달하고 있으며 토석류의 경우, 95건, 산사태의 경우 79건, 급경사지 붕괴의 경우에는 474건이 발생하였다. 이중 인명 및 가옥의 피해는 126건에 해당되며 사망자 20명, 부상자 15명에 해당된다. 가옥의 피해는 전파 41동, 반파 30동 일부파손 106동이다. 이중 사면관련 시설이 미정비가 된 지역은 570건이며, 인명 및 가옥피해는 126건에 해당된다. 반면 사면시설등이 정미가 완료된 곳에서는 78건의 붕괴가 발생하였으며, 이중 인명 및 가옥 피해가 발생한 곳은 한곳도 없었다. 또한 본 집중호우에 의한 피해를 대처하는 방안으로 8월 11일 총 87개소의 현장에 총 사업비 174억엔을 투자하여 대책을 마련중에 있다.

3. 피해 사례

3.1 국내 붕괴 사례

지난 7월 발생한 강원도 영서지방의 총 145개 현장을 조사하고 자료를 분석하였다. 경사지 붕괴 발생 위치에 대한 분석을 실시한 결과 표 3과 같다. 분석 결과 산지에서 56%의 붕괴가 발생하였다. 붕괴 규모를 분석한 결과, 발생원에서 지표면까지 20m 이내의 높이가 48.3%이며 사태 물질의 이동경로가 40m까지 도달한 현장이 51.7%이다. 붕괴 폭을 분석한 결과 5~13m에 달하는 규모가 전체의 49.7%에 달하고 있는 것으로 조사되었다. 붕괴 심도는 0.6~1.0m의 붕괴 심도를 가지는 것이 전체의 44.8%에 달하고 있는 것으로 나타났다.

따라서, 조사 결과를 종합적으로 분석한 결과, 국내의 경사지 붕괴는 대규모 붕괴라기 보다는 국부적으로 표토층이 유실되어 발생된 것이 우세하다고 할 수 있다. 붕괴 높이에 비하여 사태물질의 이동거리

가 긴 것은 이동물질과 지표수가 혼합되어 Flow 형태로 이동된 것으로 유추할 수 있다. 붕괴 폭과 붕괴 심도 분석에 따르면 붕괴 폭은 매우 좁고 심도는 1.0m 미만이 주를 이루는 것으로 보아 집중강우에 의하여 표토층이 세굴되어 발생된 형태라 생각할 수 있다. 즉, 본 지역에서 발생한 경사지 붕괴는 집중호우에 의하여 지표면의 표토층에 수압이 작용하게 되고 암반층과 표토층과의 경계부에서 슬라이딩이 발생한 형태라 할 수 있다.

표 3. 경사지 붕괴 발생위치별 현황

| 발생위치 | 산지 | 국도 | 마을도로 | 국지도/지방도 | 주택가 경사지 |
|-------|----|----|------|---------|---------|
| 갯수 | 81 | 29 | 16 | 12 | 7 |
| 비율(%) | 56 | 20 | 11 | 8 | 5 |

3.2 일본 토사재해 발생

2006년 발생한 집중호우의 경우, 나가노현에 인명피해가 심하였다. 총 12명의 사망자 중 오까야시에서만 8명의 사망자가 발생하였으며 나가노현의 사방관련 시설물의 피해는 총 79건의 피해가 발생하였다. 그림 1은 인명피해가 가장 많이 발생한 오까야시의 붕괴 현장이다. 그림 1의 좌측 그림은 토사재해 발생의 발생원에서부터 새로 생겨난 골짜기이며 우측그림은 간벌목이 떠 내려와 수목에 걸려 있는 상태이다.

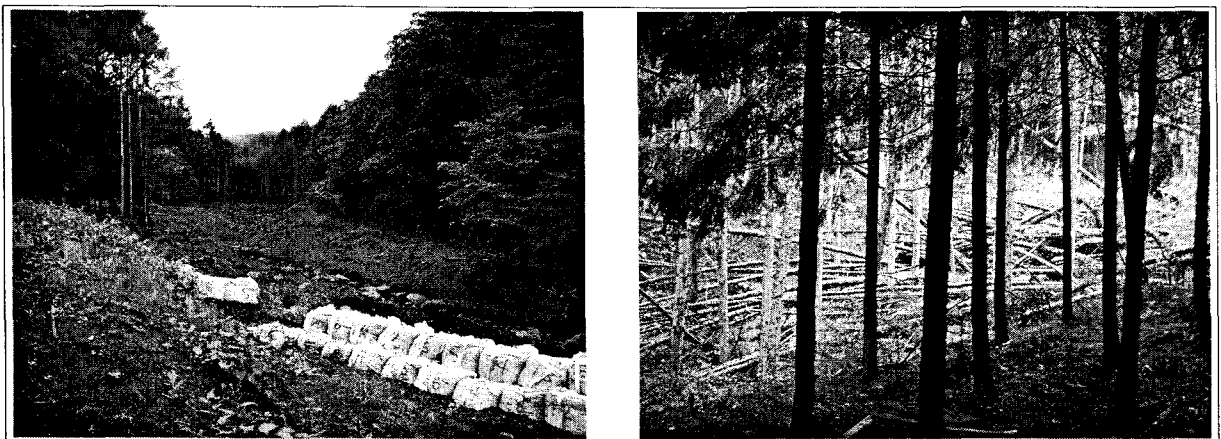


그림 1. 나가노 현 오까야시의 토사재해 현장 사진

4. 대책방안

매년 반복되는 토사재해에 대비하기 위하여 거시적으로는 법률을 제정하고 국부적으로는 대책공법을 개발하여 대비하고 있다. 여기서는 일본의 국가 차원에서 제시된 대책방안과 개개 현장의 대책공법에 대한 내용을 설명하기로 한다.

4.1 SOFT 대책

국토의 보존과 국민의 안정된 생활을 보장하기 위하여 많은 관련 법률을 정하여 국토를 관리하고 있다. 일본 정부차원의 사방관련 대책에 대한 법률의 변천은 다음과 같다. 사방관련 법률은 처음으로 1897년 치수목적상 사방을 위하여 사방지정지 내의 유해 행위를 규제하고 사방시설 정비를 피하기 위하여 규정되었다. 이후 1958년 산사태에 의한 피해를 방지하기 위하여 산사태 등 방지법을 제정하였다. 이후 1969년 급경사지법이 제정되었으며, 이는 급경사지의 붕괴에 의한 재해방지를 위한 법률이다. 최근 2000

년에는 토사재해방지법을 제정하였다. 토사재해 방지법은 토사재해경계구역등에 있어서 토사재해방지대책등의 추진에 관한 법률이다. 구체적인 사항을 살펴보면 대상으로 하는 토사재해는 크게 3가지로 급경사지의 붕괴(slope failure), 토석류(debris flow), 산사태(landslide)로 나누고 있다. 국토교통대신은 토사재해방지대책기본지침을 작성한다. 세부내용으로는 토사재해방지 대책에 관한 기본적인 사항, 기초조사에 관한 지침, 토사재해특별경계구역등의 지정방침, 특별경계구역내 건축물의 이전등에 관한 지침이 포함되어 있다. 이를 토대로 도도부현에서는 기초조사자료를 실시하게 된다. 본 조사는 토사재해경계구역 및 토사재해특별경계구역지정등을 위한 것이다. 도도부현지사는 토사재해경계구역을 지정하게 되고 정보전달, 경계피난체제의 정비, 경계피난에 관한 사항의 주민에 대한 주지업무를 수행하게 된다. 세부적인 사항으로는 크게 4가지의 관련법으로 연계되어 있다. 재해대책기본법, 도시계획법, 택지건물인수업법, 건축기준법, 주택용자대출법이며 관련내용으로는 특정개발행위에 대한 허가제, 건축물의 구조규제(도시계획구역외도 건축확인대상), 토사재해시의 현저한 손상이 생기는 건축물에 대한 이전등의 권고, 그리고 권고에 의한 이전자의 용자와 자금의 확보등이다.

4.2 HARD 대책

경사지 붕괴의 주요 원인으로 거론되는 것이 강우의 영향이다. 따라서 붕괴의 근원을 억제하기 위하여는 지하수와 지표수를 관리하여야 한다. 경사지에 대한 붕괴는 대부분 지질 및 지형의 영향, 발생원인 등 다양한 형태로 일어난다. 또한 광범위하게 발생하는 붕괴는 위험도 및 형태에 따라서도 대책방안이 수립되어야 할 필요가 있다. 경사지 관리 대책공으로 가장 기본적으로 사용되는 것이 지하수 배제공이다. 지하수 배제공에는 집수보링공, 집수정공, 배수터널공등이 있다. 최근에는 대구경집수보링공도 널리 활용되고 있다. 붕괴토와 비교적 천층부의 지하수 처리를 위하여 개착식수로공을 이용하는 경우가 많다. 법면 처리 공법으로 자연 친환적인 환경을 유도하기 위한 식생공법도 있으며 종류로는 수목을 보존하며 시공하는 대간격 격자공법, 토양층을 유지하며 수목의 근계를 유지할 수 있는 토류책공법, 보강토공법, 그리고 복합보강토공법 등이 있다. 이중 복합보강토 공법에는 3종류가 있다. 붕괴 토사에 의한 방지시설로 인공구조물과 관련된 중력식 낙석방지옹벽 등이 있으며 경우에 따라 성능향상을 위한 보강도 이루어지고 있다.

5. 맺음말

국토의 효율적인 관리를 위하여 거시적으로 국가가 대처해야 하는 사항과 기술자의 대책공법개발이 맞물려 이루어 질 때 국민의 생활과 안녕이 이루어 질 것으로 생각된다. 매년 집중호우에 의하여 낙석 및 산사태가 발생하고 이에 따른 경제적 손실은 과히 기하학적인 규모라 할 수 있다. 본고는 해마다 일어나고 있는 경사지 붕괴와 관련하여 일본의 산지 관리에 대하여 기술적으로 습득할 부분과 제도적으로 개선해야 하는 부분을 도출하기 위하여 자료를 수집 정리한 것이다. 국내의 상황과 다소 차이가 있으리라 생각되지만 좋은 정책과 기술은 국내의 상황에 맞도록 개선하여 방재에 더욱 힘을 기울였으면 하는 바램이다. 끝으로 자료 수집에 도움을 주신 관련 기관에게 감사의 말씀을 전합니다.

참고문헌

1. 백용 외 3인(2006), “강원도 영서 지방 집중호우에 의한 경사지 지반 붕괴 사례”, 2006 지반환경공학회학술대회, Vol. 1, No. 1, 109-114.
2. 소방방재청(2006), 2006년 7월 집중호우 수해조사 결과-산사태, 소방방재청.
3. 사단법인 전국치수사방협회(2001), “일본의 사방”, 전국사방치수협회, 일본 사방홍보센터, pp. 35.
4. 사단법인 전국치수사방협회(2001), “사방관련 사업의 개요”, 전국사방치수협회, 일본 사방홍보센터, pp. 58.
5. 재단법인 사방·산사태기술센터(2005), “사방기술”, 사방·산사태기술센터, 일본, pp. 178.