

GIS기법을 이용한 사방댐 입지선정 모델 개발*

Development on Model for Checkdam Location Selection

김기흥**, 정혜련***, 박상현****, 마호섭*****, 박재현*****

Kim, Ki Heung · Jung, Hea Reyn · Park, Sang Heyn · Ma, Ho Seop · Park, Jae Hyeon

요 지

본 연구에서의 지리정보시스템(GIS)을 이용한 사방댐 입지선정모델 개발은 산사태 발생 예측을 위한 사면안정성 평가 기준을 개발하여 사방댐 지점을 선정하기 위하여 체계적으로 표준화된 시스템을 구축하는 것이 목표이며, 2002년 태풍 ‘루사’와 2003년 태풍 ‘매미’에 의하여 토석류와 산사태가 발생한 서부경남 지역의 38개 지점에 대하여 항공사진 수집 및 현장조사를 수행하고, 산사태 발생에 관계되는 강우, 지형, 지질 및 토양, 임상 등을 인자로서 규정하였다.

연구결과 서부경남지역에서 발생한 산사태는 지리산, 가야산, 좌굴산 등 EL. 500m 이상의 비교적 고도가 높은 산악지역에서 지형성 집중호우에 의하여 발생하는 것으로 분석되었으며, 강우량과 산사태의 상관분석결과 시강우량 70mm 이상 및 누가강우량 230mm 이상에서 산사태의 발생빈도가 높은 것으로 나타났다. 또한 산사태 발생지점에서의 고도(평균해수면 기준)와 능선의 고도와의 비를 백분율로 계산하여 빈도를 살펴보면 산사태 발생지점이 능선의 90% 이상의 고도에서 산사태의 발생빈도가 53%로 가장 높고, 80-90%는 21%, 70-80% 16%의 순으로 산사태 발생빈도가 감소하고 있으며, 고도가 더욱 낮아져 산사태 발생지점이 60% 이하로 내려가면 산사태 발생빈도는 급격히 감소한다. 예를 들어 능선의 고도가 1000m일 경우 900m 이상의 고도(90% 이상)에서 산사태 발생빈도가 가장 높고 600m 이하의 고도(70% 이하)에서는 발생빈도가 급격히 저하하는 것으로 나타났다. 산사태 발생지점의 표면 굴곡도에 따른 산사태의 발생빈도는 대부분의 평행사면에서 74%, 약간 오목사면에서 26%가 발생하는 것으로 나타났다.

각 지구의 지질 및 토양별 산사태 발생빈도는 화성암계열의 지질 및 자갈/암괴 섞인 토사의 토양에서 발생하는 것으로 분석되었고, 34-40° 사면경사에서 40%, 26-34° 사면경사에서 26%, 26° 이하의 사면경사에서 22%가 주로 발생하였으며, 40° 이상의 높은 사면경사에서는 극히 미미하였다. 또한 임상 기준으로는 침엽수림에서 주로 발생하는 것으로 나타났다.

본 연구에서는 이상의 결과를 기초로 매우 안정, 안정, 부분적 안정, 불안정, 매우 불안정, 위험 지역으로 구분하고, 평가한 결과는 불안정 33개소, 매우 불안정 5개소 등 38개소 지점 모두에 사방댐 설치가 필요한 것으로 분석되었다.

핵심용어 : 토석류, 산사태, 사방댐, 지리정보시스템, 사면 안정성

* 본 연구는 2008년도 산림과학 기초연구 지원사업의 연구비지원에 의해 수행되었음.
** 정회원, 진주산업대학교 토목공학과 교수 · E-mail : khkim@jinju.ac.kr
*** 진주산업대학교 산학협력단, 공학석사 · E-mail : mymi69@lycos.co.kr
**** 비회원 · 진주산업대학교 토목공학과 석사과정 · E-mail : psh5059@nate.com
***** 비회원, 경상대학교 산림환경과학부 교수 · E-mail : mhs@gnu.kr
***** 정회원, 진주산업대학교 산림자원학과 교수 · E-mail : pjh@jinju.ac.kr

1. 서론

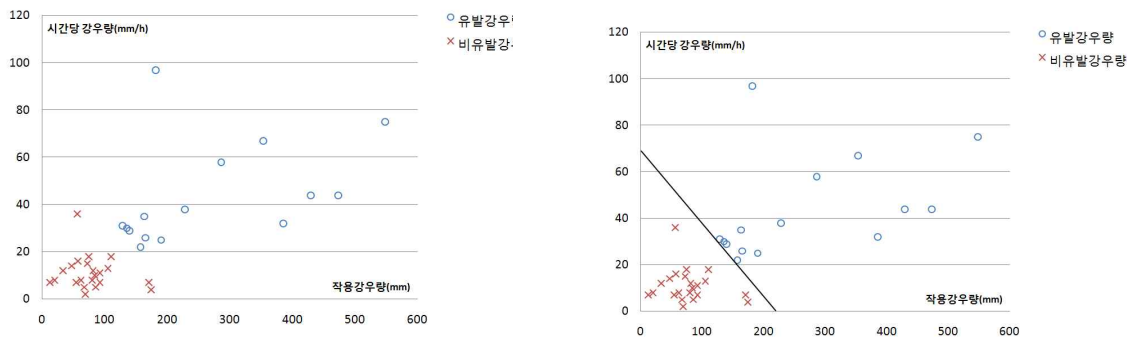
야계유역에서 가장 문제가 되는 것은 산악지의 사면, 절·성토사면 등 급경사지의 평형상태가 붕괴되어 중력방향으로 내려오는 산사태가 주원인으로서 크게 외적인 원인과 내적인 원인으로 구분할 수 있다. 외적인 원인으로서는 강우와 지진 등을 들 수 있으며, 내적인 원인으로서는 지형 및 지질 등을 들 수 있다. 이외에도 산지의 벌목이나 도로공사를 위한 인위적인 절·성토사면의 생성 등의 인간의 활동 역시 사면붕괴를 일으키는 간접적인 원인이 될 수 있다. 이러한 원인으로 발생한 산사태는 토석류의 형태로서 하류로 전파되는 동안 야계를 황폐화 시킬 뿐 만 아니라 인명과 재산피해를 유발하므로 야계유역의 입지해석은 과거에 사면붕괴 이력이 있거나 발생할 가능성이 있는 지역에 대한 대책의 도출을 목표로 수행되어야만 한다.

따라서 본 연구의 지리정보시스템(GIS)을 이용한 야계의 입지해석모델 개발은 기 구축된 항공사진, 수치지형도, 지질도, 토양도, 토지이용도 및 임상도 등 DB를 이용하여 서부경남의 38개 산사태 발생지역에 대한 분석을 수행하고, 산사태 발생인자를 추출하여 산사태 발생 예측을 위한 사면안정성 평가기준을 개발하여 사방댐 지점을 선정하는 것이 목표이다.

2. 야계유역에서의 산사태 발생인자

2.1 강우

2002년의 태풍 루사, 2006년의 태풍 예위니아 등으로 인하여 최근 경남지역에서 많은 피해를 초래한 산사태의 사례를 조사하여 그림 1과 같이 강우량과 산사태의 상관관계를 규명하였으며, 경남 지역 38개 산사태 발생지점에 대한 지형인자를 조사, 분석하였다. 경남지역에서 발생한 산사태는 지리산, 가야산, 좌굴산, 화왕산 등 EL. 500m 이상의 비교적 고도가 높은 산악지역에서 지형성 집중호우에 의하여 발생하는 것으로 판단된다. 강우량과 산사태의 상관분석결과 시강우량 70mm 이상 및 누가강우량 230mm 이상에서 산사태의 발생빈도가 높은 것으로 나타났다.



(a) 사면붕괴 유발과 비유발강우량 도시

(b) 사면붕괴 한계선의 도시

그림 1. 사면붕괴-강우량 상관관계('02, '06년 집중호우시 경남 지역)

2.2 지형

본 연구에서는 DEM 자료를 1 : 5,000 축적 지형도상의 5m 간격의 등고선 및 고도값으로 입력하고 이를 5m×5m 간격의 격자로 재구성하여 각 격자당 하나의 고도값을 갖는 DEM 자료로 변환된 것이다. DEM 자료를 이용하여 경사도, 경사방향, 고도분포, 음영기복, 경사방향 등 각종 지형 분석을 수행하고 빈도수와 산사태 취약성과의 상관관계를 분석하였다. 산사태 발생의 직접적 주원인은 강우량으로서 산악지역에서는 지형성 강우가 발달하므로 강우량은 산의 정상부를 제외하고 지형고도가 높아지면 증가하고 주로 향사면에 집중되는 경향을 가지는 것으로 알려져 있다. 따라서, 대체적으로 고도가 높은 산악지역이 산사태에 취약한 것으로 나타났다. 산사태 발생지점에서의 고도(평균해구면 기준)와 능선의 고도와의 비를 백분율로 계산하여 빈도를 살펴보면 그림 2와

같이 산사태 발생지점이 능선의 90% 이상의 고도에서 산사태의 발생빈도가 53%로 가장 높고, 80-90%는 21%, 70-80% 16%의 순으로 산사태 발생빈도가 감소하고 있으며, 고도가 더욱 낮아져 산사태 발생지점이 60% 이하로 내려가면 산사태 발생빈도는 급격히 감소한다. 예를 들어 능선의 고도가 1000m일 경우 900m 이상의 고도(90% 이상)에서 산사태 발생빈도가 가장 높고 600m 이하의 고도(70% 이하)에서는 발생빈도가 급격히 저하하는 것으로 나타났다. 산사태 발생지점의 표면 굴곡도에 따른 산사태의 발생빈도는 대부분의 평행사면에서 74%, 약간 오목사면에서 26%가 발생하는 것으로 나타났다.

사면경사는 산사태, 특히 토석류(debris flow)인 경우 매우 중요한 의미를 갖는다. 본 연구에서 분석한 결과 산사태는 34-40° 사면경사에서 40%, 26-34° 사면경사에서 26%, 26° 이하의 사면경사에서 22%가 주로 발생하였으며, 40° 이상의 높은 사면경사에서는 극히 미미한 것으로 나타났다. 그림 3은 산사태 발생지구의 고도-경사의 관계를 도시한 것이다.

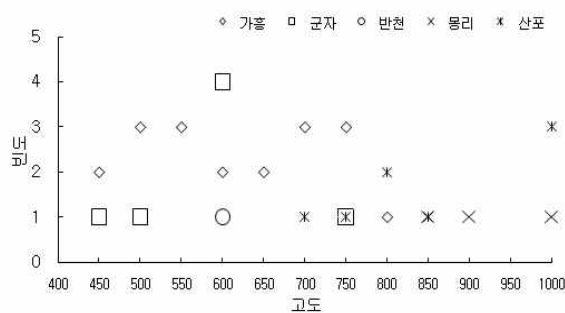


그림 2. 산사태 발생지역의 고도별 발생빈도

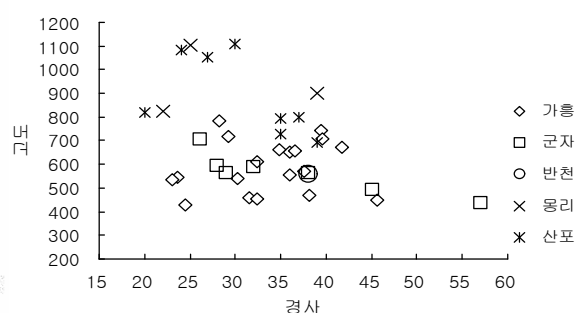


그림 3. 산사태 발생지구의 고도-경사의 관계

산사태의 방향성은 산사태와 지질구조의 관련성을 판단하는 중요한 기준이 될 수 있다. 산사태 발생방향과 발생빈도를 서로 비교한 결과 지질구조와의 특징적 상관성은 발견하지 못했으나 ESE-WNW 사이의 방향에서 주로 발생하는 것으로 나타났다.

2.3 지질·토양 및 임상

일반적으로 산지 사면의 토질 성분은 복합적으로 이루어져 있으나 흙의 종류 및 성분에 의하여 사면 안정에 많은 영향을 받는다. 본 연구에서 분석한 결과 각 지구의 지질 및 토양별 산사태 발생빈도는 화성암계열의 지질 및 자갈/암피 섞인 토사의 토양에서 발생하는 것으로 나타났다.

임상은 토양피복의 상태를 나타내는 척도로서 사면보호에 큰 역할을 하기도 하지만 흉고직경이 큰 대경목은 집중호우 및 태풍시에 연약한 지반에는 하중으로 작용할 수 있으며, 특히 태풍시의 강풍에 의하여 지반을 교란시켜 우수의 침투를 촉진하므로써 사면붕괴를 유발하는 원인이 되기도 한다. 임상조사는 주임분의 임상과 흉고부위 경급을 조사하여 침엽수, 활엽수, 혼효림으로 구분하고 임분경급은 흉고직경으로 치수림, 소경목, 중경목, 대경목으로 세분하여 조사, 분석한 결과 산사태는 침엽수림에서 주로 발생하는 것으로 나타났다.

3. GIS를 이용한 산사태 입지해석모델 개발 및 평가

본 연구에서는 수행한 야계입지해석모델은 현재 구축되어 있는 국가 DB를 이용하여 누구나 쉽게 기본현황을 분석, 파악할 수 있도록 그 활용도 제고에 목표를 두었다. 또한 산사태 발생지역 또는 예상지역에 대하여 각 지구별 위치, 규모, 지형, 지질, 토양, 임상, 강우 자료 등을 IT 기반을 바탕으로 쉽게 파악하여 복구/예방대책을 수립할 수 있도록 개발하였다. 그림 4는 야계사면안정성 평가모델 구성도를 나타낸 것이다.

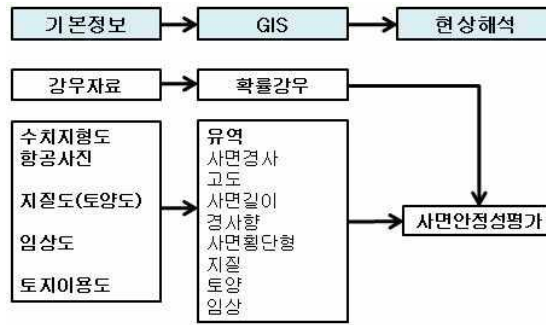


그림 4. 야계사면안정성평가모델 구성도

① 지형분석

사면경사, 사면길이, 사면위치 및 사면횡단형에 기준에 의하여 조사, 분석 결과를 바탕으로 평가하였다. 본 연구에서는 산사태 발생의 가장 직접적인 요인인 사면경사에 총점의 30%에 해당하는 가장 큰 가중치를 적용하였다.

② 강우

시간우량 및 연속강우량은 산사태 발생의 직접요인으로서 관측 강우자료를 분석하여 산사태를 유발할 수 있는 강우인가를 기준으로 평가하였다. 강우량은 시간강우량 즉 강우강도와 연속강우량 크기가 산사태 발생빈도의 직접적 요인이므로 총점의 25%에 해당하는 가장 큰 가중치를 적용하였다.

③ 지질 및 토양분석

산사태 발생지점이나 예상지점에 대한 1 : 5000 수치지형도, 지질도 및 토양도를 이용하여 항공사진을 중첩시켜 얻어진 지질·토양정보를 분석한 결과를 기준으로 평가하였다.

④ 임상 분석

산사태 발생지점이나 예상지점에 대한 1 : 5000 수치지형도와 임상도를 이용하여 항공사진을 중첩시켜 추출한 임상정보를 분석한 결과를 기준으로 평가하였다.

표 1. 토사사면의 평가기준 (안)

지구명	○○지구					점수	
평가항목	평가기준 및 배점						
사면경사(°)	26°이하	26~34°	34~40°	40~45°	45°이상	30	
	10	15	20	25	30		
사면길이(m)	0~50	50~100	100~150	150~200	200이상	5	
	1	2	3	4	5		
흙의 분류	마사토	사질 섞인 일반토사	자갈/암괴 섞인 토사	실트가 섞인 토사	점토가 많이 섞인 토사	5	
	1	2	3	4	5		
강우량 (mm)	강우강도	0-30	30-40	40-80	80-100	100이상	25
	연속강우	100-150	150-200	200-300	300-400	400이상	
지질(암종)	퇴적암(이암, 혈암, 석회암, 사암 등)	화성암 (화성암류, 기타)	변성암(천매암, 점판암)	변성암(편마암, 편암류)	변성암(반암, 안산암류)	5	
	1	2	3	4	5		
사면위치(% (사면/정상)	30~60	60~70	70~80	80~90	90 이상	10	
	2	3	5	7	10		
식생	활엽수림, 혼효림 (소,중대경목)	침엽수림(치수림, 소경목), 무입목지		침엽수림(중,대경목) 혼효림(치수림)		10	
	3	5		10			
사면횡단형 (굴곡도)	볼록사면	평행사면	오목사면	복합사면		10	
	0	5	8	10			
합 계						100	
구분	총 점						
평가	0 ~ 20	21 ~ 35	35 ~ 50	50 ~ 70	70 ~ 90	90이상	
	매우 안정	안정	부분적 안정	불안정	매우불안정	위험	

4. 결론

본 연구에서는 지형, 강우, 지질·토양, 및 임상 등의 변수에 대한 기초자료 수집, 분석방법을 제시하고, 제안한 평가표를 적용하여 야계유역입지해석모델(안)을 제시하였다.

경남지방의 산사태발생 지역에 대한 적용결과 총점평균에 대한 8개 항목별 작용비율은 강우 29%, 사면경사 28%, 사면위치 12%, 식생 10%, 사면횡단형 9%, 사면길이, 지질, 흙의 분류 각 4%로 나타났으며, 이 결과에 의하면 산사태 발생은 강우 및 사면경사에 의하여 지배되는 것으로 추정된다.

또한 산사태발생 총점평균에 대한 작용인자별 분석결과 지형인자 53%, 강우인자 29%, 식생인자 10%, 지질인자 8%의 순으로 나타나 산사태 발생은 대부분 지형인자와 강우인자에 의하여 지배되는 것으로 평가되었다. 결과적으로 조사대상 지점 38개소 중 87%인 33개소가 불안정한 상태, 13%인 7개소는 매우 불안정한 상태였던 것으로 분석되어 불안정한 조건인 지역에서는 산사태 발생 가능성이 높은 것으로 추정된다.

본 연구의 GIS기법을 이용한 야계입지해석모델은 산지유역단위의 야계사방사업에서 가장 중요한 부분인 산사태발생지구에 대한 평가를 통하여 사방댐지점을 선정하고, 선정된 사방댐 하류구간에 대한 야계에 대하여 하도지형학적 인자와 수리·수문학적 인자를 반영한 야계사방입지를 선정하는 것이 필요하다.

감 사 의 글

본 연구는 2009년 산림과학기술개발사업 연구비지원에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 국토해양부 국토지리정보원(<http://map.ngii.go.kr>), 수치지형도
2. 환경지질연구정보센터(http://ysgeo.yonsei.ac.kr/map/map_ieg.html), 지질도
3. 농촌진흥청 국립농업과학원(흙토람)(<http://asis.rda.go.kr>), 토양도
4. 산림청(산림GIS포털)(<http://fgis.forest.go.kr/fgis/Main.aspx>), 식생도
5. 국토해양부 한강홍수통제소(<http://www.wamis.go.kr>), 강우자료
6. 김기홍외 5인, 하천공학(1997), 청문각, pp. 21-25
7. 소방방재청 국립방재연구소(2005), 사면붕괴 감지 및 관측에 관한 연구(Ⅱ), pp. 105-207.
8. 행정자치부 국립방재연구소(1998), 지리산 일원의 호우피해 조사 및 분석, pp. 21-77.
9. 행정자치부 국립방재연구소(1999), 사면 위험지대 평가방법 연구(경북지역 현장사례를 중심으로), pp. 8-42
10. 행정자치부 국립방재연구소(2002), 2002 태풍 루사 피해 현장조사 보고서, pp. 5-175.
11. 행정자치부 국립방재연구소(2002), 사면붕괴의 유형별 원인과 저감대책 연구, pp. 5-98.
12. 高橋 保, 土石流の機構と對策(2003), 近未來社, pp. 113-172