

산사태 확산영역 예측을 통한 피해위험도 산정기법 연구

채병곤^{1)*} · 조용찬¹⁾ · 송영석¹⁾ · 김경수¹⁾ · 이춘오¹⁾ · 김만일¹⁾ · 김원영¹⁾

1. 서 론

국내에서 발생하는 산사태는 대부분 하절기 장마 또는 태풍 등에 동반되는 집중호우로 인해 발생하는데, 우리나라의 연 평균 강수량 1,200mm 중의 절반 이상이 7월과 8월에 집중된다. 이때 발생하는 산사태는 대부분 기반암 상부의 미고결층이 붕괴되어 산사면 하부로 빠른 속도로 이동하는 토석류(debris flow) 산사태가 주를 이루는데, 국내 산사태의 90% 이상이 토석류 산사태에 해당한다(채병곤 외, 2004). 그런데, 모든 산사태가 인간 생활권에 큰 피해를 발생시키는 것은 아니다. 산사태가 발생한 산사면의 지형특성 및 사태물질의 지질특성에 따라 동일한 규모의 산사태이더라도 사태물질의 이동경로와 이동거리가 서로 다르다.

이 연구에서는 사태물질의 거동이 지형조건과 물질의 특성에 크게 좌우됨을 감안하여 우리나라에서 발생하는 토석류 산사태를 대상으로 사면하부로 이동되는 사태물질의 확산영역을 산정하고, 지형특성을 고려한 사태물질의 이동경로를 예측하기 위한 기법을 개발하였다. 한편, 이 결과를 바탕으로 산사태로 인한 인간생활권의 피해위험도를 산정하기 위하여 인문지리정보 체계 분석을 통한 위험도 항목을 설정하고, 이를 시범지역에 적용하여 피해위험의 정도를 평가하였다.

2. 사태물질 확산영역 예측

사태물질 이동거리 예측을 위한 시범 연구지역의 선정은 비교적 최근에 산사태가 발생하여 사태물질의 확산범위 측정이 가능하면서도 사태물질의 물리적 특성이 차별화되는 강원도 강릉시 사천지역, 경남 함양군 마천지역, 경남 거창군 가북지역을 선정하였다. 이 지역을 대상으로 독립적으로 발달하는 26개의 산사태만을 대상으로 현장 정밀조사와 실내 토질시험을 실시하였다(서용석 외, 2005). 조사된 산사태 영향인자 중 산사태의 확산에 영향을 가장 크게 미칠 것으로 판단되는 요소를 6개로 선별하여 최적 인공신경망 모델을 찾기 위한 분석을 실시하였다. 선정된 입력층 요소로는 사면의 경사변화율, 투수계수, 건조밀도, 공극률, 사질 함유량, 사태물질 체적 등 총 6개 요소이며, 출력요소로는 사태물질의 확산범위 1개 요소이다. 검증계산은 입력요소의 차이에 따라 다음과 같이 4가지 그룹으로 구분하여 실시되었다.

- 그룹 A : 경사변화율, 투수계수, 건조밀도, 공극률, 사태물질 체적
- 그룹 B : 경사변화율, 투수계수, 건조밀도, 공극률, 사태물질 체적, 사질 함유량
- 그룹 C : 경사변화율, 투수계수, 건조밀도, 공극률, 사질 함유량
- 그룹 D : 경사변화율, 투수계수, 건조밀도, 공극률

표 1은 계산된 총 28개의 학습모델을 대상으로 양호한 추론결과를 보인 10개 모델 중 평균 추론 오차율이 10% 이내인 모델 4의 결과를 나타낸 것으로서, 현장별 오차율도 대부분 10% 내외를 보이고 있어 매우 우수한 모델로 평가된다. 본 학습자료를 사용한 계산에서는 개별 영

주요어 : 토석류 산사태, 사태물질 확산영역, 인공신경망, 피해위험도, 국가지리정보

1) 한국지질자원연구원 지질환경재해연구부 산사태재해연구팀 (bgchae@kigam.re.kr)

향요소들의 분포범위가 넓어서 중간 값에 대한 추론이 어려워지는 한계를 반영하고 있는 것이다. 따라서 앞으로 더 많은 데이터의 축적이 필요하며 보다 다양한 모델을 시험하여 범용적인 적용이 가능한 추론모델의 도출이 요구된다.

표 1. 모델 4를 이용한 추론결과의 일부

산사태 번호	경사 변화율	투수계수 (cm/sec)	건조밀도 (g/cm ³)	공극율 (%)	체적 (m ³)	길이(m) *측정치	길이(m) *추정치	오차 (%)
KR-73-18	0.278	0.0210	1.38	81.00	245.2	100	101.46	1.46
KR-73-20	0.452	0.0240	1.35	74.80	103.2	47	47.12	0.26
KR-84-01	0.321	0.0224	1.39	85.00	130.6	43	43.82	1.90
KR-84-02	0.364	0.0138	1.52	74.70	16.6	39	36.94	5.29
GY-72-01	0.581	0.0053	1.31	68.62	252.0	74	80.00	8.11
GY-72-02	0.490	0.0135	1.41	69.62	323.4	132	129.46	1.92
GY-72-03	0.496	0.0155	1.33	67.03	256.7	139	141.18	1.57
GY-81-01	0.438	0.0035	1.49	74.52	653.1	305	297.88	2.33
GY-81-02	0.369	0.0076	1.41	76.77	153.2	270.5	269.16	0.49
MP-79-02	0.481	0.0034	1.25	83.17	1320.5	168	181.97	8.32
WB-27-01	0.587	0.0337	1.51	73.71	301.5	270	270.76	0.28
WB-36-01	0.362	0.0136	1.38	61.45	1401.0	168	175.75	4.62
WB-36-02	0.445	0.0053	1.16	64.72	1400.2	197	200.26	1.65
WB-37-01	0.547	0.0400	1.26	69.72	1238.7	322	318.21	1.18
WB-37-02	0.475	0.0030	1.22	68.65	3012.6	175	173.47	0.87
WB-46-01	0.528	0.1208	1.07	71.84	4003.7	483	488.72	1.19

3. 인문지리정보 체계 분석을 통한 피해위험도 평가

산사태 위험도 산정을 위한 과정의 하나로 인문지리정보체계 분석을 통한 위험도 항목의 설정을 시도하였다. 본 연구에서는 우리나라의 도시지역과 농촌지역 등의 인문지리적 특징을 고려하여 국가지리정보(NGIS) 체계의 분류항목을 검토하고 이를 토대로 위험도 산정에 적합한 항목별 군집을 설정하였다.

시범연구는 본 연구팀이 기존에 산사태 예측도를 작성한 지역 중에서 본 연구의 목적에 부합되는 경기도 성남시 일대를 대상으로 실시하였다. 국가지리정보 체계는 크게 대분류, 중분류, 소분류로 구분할 수 있으며, 각 분류체계 내에 다양한 항목을 포함하고 있다. 성남시의 경우 대분류는 농지, 도시 및 주거지, 수계, 그리고 임지 등으로 4대분 할 수 있다(표 2). 대분류 체계를 기준으로 각 항목은 중분류 체계로 다시 구분된다. 중분류는 각 대분류 항목을 구성하는 요소들 중에서 광의의 개념에 해당하는 시설물별로 군집을 구분한 것이다(표 2). 중분류 항목은 각 항목의 토지이용 목적에 근거하여 구분하였다. 따라서, 중분류 항목을 바탕으로 개략적인 인구분포, 시설물의 종류 및 규모, 상대적 중요도, 개략적인 사용인구, 규모와 경제성 등을 파악할 수 있다. 이와 같이 중분류 항목에 따라 산사태 발생시 피해상황과 정도를 산정할 수 있으며, 피해에 따른 결과를 토대로 피해복구 및 피해저감을 위한 사전대책 수립의 우선 순위와 접근방법을 결정할 수 있게 된다. 그러므로, 중분류 항목의 체계화는 전반적인 위험도 산정에 있어 매우 중요한 것으로서 토지이용 목적과 성격에 따라 신중하게 결정되어야 한다. 중분류 항목을 통해 전술한 바와 같이 상대적인 위험도를 산정하는 것을 토대로 정량적이고 세밀한 위험도 산정을 위해 소분류 항목을 설정하였다. 소분류 항목은 각 항목별 토지이용의 세부 목적을 기준으로 구분하였다(표 2). 이와 같은 구분이 필요한 이유는 산사태 발생 가능 시간대가 하루 중 언제 발생하는지에 따라 인명피해 정도가 달라질 수 있기 때문에 다양한 측면에서의 피해예상 및 해석이 가능해야 한다.

앞에서 설정한 각 분류체계별 항목을 바탕으로 시범연구지역을 대상으로 항목별 이용현황을 분석하여 보았다. 이 분석은 성남시 중에서 실제 산사태 예측도를 작성하였던 검단산 서측지

역을 대상으로 실시하였다. 그 결과에 의하면, 성남시 검단산 서측지역에서 임지를 제외한 나머지 항목 중 이용면적이 가장 넓은 것은 밭으로서 12.17km²를 차지한다. 그 다음은 일반주택지 11.20km², 도로 6.12km², 골프장 4.55km², 교육/군사시설 4.17km²의 순서로 분포한다. 그 외, 고층주택지, 상업/업무지, 공업시설 등도 넓은 면적을 갖는 것으로 나타났다.

표 2. 국가지리정보체계를 바탕으로 설정한 인문지리정보 분류 항목

번호	대분류	중분류	소분류	번호	대분류	중분류	소분류
1	농지	논	미경지정리답	24	수계	하천	하천
2	농지	논	경지정리답	25	수계	호,소	호소
3	농지	밭	보통,특수작물	26	수계	호,소	담
4	농지	밭	과수원 기타	27	수계	습지	갯벌
5	도시/주거지	주거지/상업	일반주택지	28	수계	습지	염전
6	도시/주거지	주거지/상업	고층주택지	29	수계	기타시설	백사장
7	도시/주거지	주거지/상업	상업,업무지	30	임지	초지	인공초지
8	도시/주거지	주거지/상업	나대지	31	임지	초지	자연초지
9	도시/주거지	공업지	공업시설	32	임지	입목지	침엽수림
10	도시/주거지	공업지	공업나지,기타	33	임지	입목지	활엽수림
11	도시/주거지	교통시설	도로	34	임지	입목지	혼합수림
12	도시/주거지	교통시설	철로/주변지역	35	임지	기타	암벽/석산
13	도시/주거지	교통시설	공항	36	임지	기타	골프장
14	도시/주거지	교통시설	항만	37	임지	기타	유원지
15	도시/주거지	공공시설물	발전시설	38	임지	기타	공원묘지
16	도시/주거지	공공시설물	교육,군사시설				
17	도시/주거지	공공시설물	공공용지				
18	도시/주거지	공공시설물	처리장				
19	도시/주거지	기타시설	가축사육시설				
20	도시/주거지	기타시설	양어장,양식장				
21	도시/주거지	기타시설	채광지역				
22	도시/주거지	기타시설	매립지				
23	도시/주거지	기타시설	광천지				

이를 고려하여 검단산 서측 일대에서 산사태가 발생할 경우를 가정한 산사태 위험도를 상대적으로 평가하면, 일반주택지의 피해규모가 상당히 클 것으로 예상되며 도로와 교육/군사시설, 고층주택지와 상업/업무지 또한 상대적으로 큰 피해가 발생할 것으로 예상된다. 그러므로, 이 지역을 대상으로 방재대책을 수립할 경우에는 이와 같은 특성을 고려한 피해저감 대책 또는 방재대책이 우선적으로 마련되어야 한다. 또한, 인구밀도가 높은 주거지의 위험도가 큰 것으로 예상됨에 따라 산사태 발생 우려시 주민 대피령이 신속히 발령되어야 하고, 대피시의 혼란 또는 교통 혼잡 등의 사전 방지를 위해 주민들에게 대피요령을 충분히 교육시키고 효율적인 대피장소 배분 등 실질적인 계획이 사전에 수립되어야 할 것이다.

사 사

이 연구는 소방방재청 자연재해저감기술개발사업(과제명: 산사태재해 예측 및 저감기술 개발) 연구비 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- 채병곤, 김원영, 조용찬, 김경수, 이준오, 최영섭, 2004, 토석류 산사태 예측을 위한 로지스틱 회귀모형 개발, 지질공학, 14(2), pp.211-222.
- 서용석, 채병곤, 김원영, 송영석, 2005, 인공신경망을 이용한 사태물질 이동거리 산정, 지질공학, 15(2), pp.145-154.