

GSIS와 AHP법을 이용한 산사태 유발인자 분석 Analysis of Landslide Factors Using Geo-Spatial Information System and Analytic Hierarchy Process

양인태* · 김제천** · 천기선*** · 김동문***

Yang, In-Tae · Kim, Jae-Chun · Chun, Ki-Sun · Kim, Dong-Moon

요 旨

GSIS와 AHP법을 이용하여 삼척지역을 대상으로 산사태 발생 가능성을 분석하였다. 산사태를 유발하는 많은 인자들 중에서 경사도, 경사방향, 지질, 토양, 임상자료들은 기존의 지도자료를 이용하여 입력하여 데이터 베이스를 구축하였다. 연구대상지역의 환경적·지리적 특성을 고려하여 산사태를 유발하는 인자를 결정하였으며, AHP법을 적용하여 유발인자들에 대한 입력값을 결정하였다. 산사태가 발생할 가능성이 있는 지역은 산사태 유발인자들로 만들어진 각각의 레이어를 중첩함으로써 작성되었다. 마지막으로 작성된 도면을 실제 산사태가 발생한 곳과 비교함으로써 산사태 유발인자들이 산사태 발생에 미치는 영향을 알아보았다. 그 결과 삼척지역에서는 토양과 지질적 요소가 가장 많은 영향을 미쳤다는 것을 알 수 있었다.

ABSTRACT

The landslide occurrence in Sam-Chuck area was analyzed through Geo-Spatial Information System and AHP(Analytic Hierarchy Process). Among many factors which causes landslide, terrain slope, terrain aspect, lithology, soil texture and vegetation arc taken as input data from existing maps and constructed as a database. These factors are determined by each environmental factor by environmental and geological characters in the study area, and the rating and weight about factor are input using AHP. Possible areas for landslide have been extracted by overlaying each layers. Finally, the estimated results are compared with real landslide sites to know which factor is the most effective for landslide. The results showed that lithology and soil factor have high susceptibility in Sam-Chuck area.

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

우리 나라는 여름철 집중호우로 인하여 산사태가 많이 발생하고 있다. 산사태에 의한 피해는 건물과 시설물 피해 뿐만 아니라 많은 인명 피해를 발생시켜 개인과 국가에 많은 손실을 주고 있다.

강원도의 경우 대부분이 경사가 급한 산지로 이루어져 있어 산사태 발생 후 그 피해복구에 상당한 어려움이 따르며 복구시간이 길어 복구가 되기 전에 산사태가 재발하는 경우가 많다.

이러한 산사태는 매년 발생하고 있으며 산사태 대책이 피해 복구에만 급급한 실정이다. 또한 대부분의 산사태 관리도 산사태가 발생했던 위치를 도상에 표시하고 그 지역에 대한 사항들을 문서형태의 자료로 관리하고 있으며, 좌표가 없는 현황도와 일반 사진기로 촬영한 사진정도에 그치고 있어 산사태 관리는 제대로 이루어지고 있지 못하고 있다.

그러므로 산사태를 미연에 방지하고 그 피해를 최소화하기 위해서는 산사태 발생지역, 발생시기, 규모 및 피해 정도 등에 대한 예측이 필요할 뿐 아니라 산사태 발생 원인을 분석하고 이를 근거로 산사태 발생 가능성을 평가 및 예측함으로써 산사태로 인해 발생하는 피해를 예방하고, 산사태 발생 후 빠른 복구가 이루어져야 한다.

본 연구에서는 강원도 삼척지역을 대상으로 하였으며, 산사태를 유발하는 인자를 대상으로 GSIS와 AHP법을

*강원대학교 토목공학과 교수

**삼척대학교 토목공학과 겸임교수

***강원대학교 토목공학과 박사수료

적용하여 산사태 발생지역을 추정하였다. 또한 입력된 각 유발인자들이 삼척지역의 산사태 발생에 미치는 영향을 비교 분석하였다.

1.2 연구방법

산사태를 유발하는 인자들을 조사하고 레이어별로 데이터베이스를 구축한 다음, 모두 중첩하는 방법을 사용하였다.^{10),11)} 이 때 각각의 레이어와 레이어내 입력값을 부여하는 과정에서 AHP(Analytic Hierarchy Process)법을 적용하였다.

마지막으로 연구대상지역에 대한 산사태 발생가능지역을 등급별로 분류하고 실제 산사태 발생 지역과 비교하였다.

본 연구는 넓은 범위의 지역을 대상으로 산사태가 발생할 위험이 있는 지역들을 추출해 내는 것으로서, 지도 정보에 기초하여 자연적 원인에 의한 산사태 발생 가능성을 예측하였으며 국부적인 토질사면이나 암반사면에서의 사면 안전성 평가를 위한 토질공학적 연구는 수행하지 않았다.

그림 1은 본 연구에 대한 과정을 나타낸 것이다.

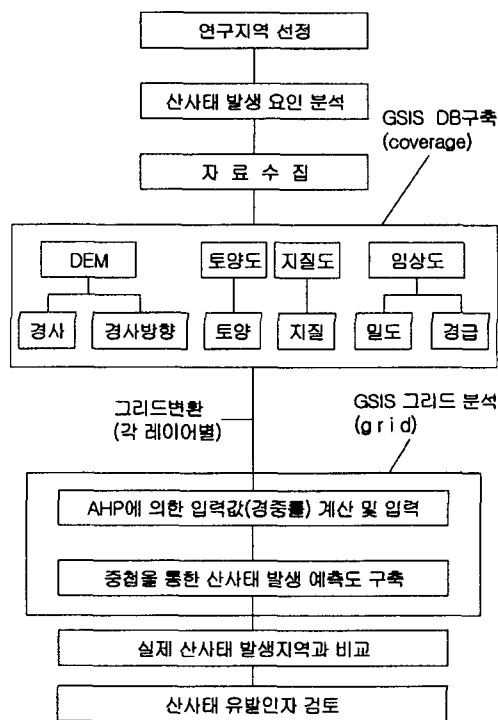


그림 1. 연구 방법

먼저 광역적인 산사태 발생 지역을 예측하기 위해서 삼척지역을 선정하였으며, 수치자료인 DEM(Digital Elevation Model)과 도면자료인 토양도, 지질도, 임상도 등을 기초자료로 사용하였다.

2. AHP법

2.1 AHP법의 소개

AHP는 Analytic Hierarchy Process의 약자로 “계층적 분석 과정”이라 해석될 수 있다. 이 기법은 Saaty에 의해 1960년대에 처음으로 연구된 후 계속 발전되어 왔다. 이 기법은 달성해야 할 목표, 의사결정을 위한 여러 가지 기준 및 선택해야 할 대안들로 구성된 계층적 구조를 통해 복잡한 문제에 대한 최적의사결정을 모색할 수 있도록 하는 의사결정지원시스템이라고 말할 수 있다.^{12),13)}

2.2 의사결정계층의 분류

AHP는 계층적 구조에서의 문제를 계층별로 분리시켜 복잡한 결정과정을 이해할 수 있다.

그림 2는 AHP기법에서 결정문제를 기본적 계층 구조로 도식화한 것이다. 각 대안 및 항목별로 문제인식의 판단을 통하여 입력값을 구하게 된다.^{1),12)}

여기서 대안1, 대안2, 대안3, 대안4는 각 항목들에 대한 우선순위를 선정하여 추출하고자 하는 결과물들이다. 이러한 대안들 중 원하는 목표를 결정하게 된다.¹²⁾

항목들은 문제인식에 대한 인자들이다. 본 연구에서는 산사태를 유발하는 인자(경사, 경사방향, 토양, 지질, 임상밀도, 임상경급)에 해당한다고 할 수 있다.

2.2 쌍비교(Pairwise Comparison) 과정

쌍비교에 대한 수치적 척도를 나타내는 값은 a_{ij} 로써 정의될 수 있다. 여기서 “i”와 “j”는 서로 비교되어지는

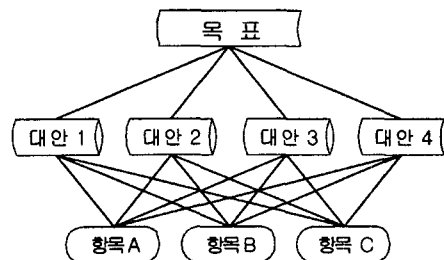


그림 2. AHP법의 기본적 계층 구조

표 1. 쌍비교에 사용되는 입력값¹⁾

수치적 척도	언어적 척도
1	요소 "i"와 "j"는 중요도가 같은 경우.
3	요소 "i"는 "j"보다 중요도가 약간 높은 경우.
5	요소 "i"는 "j"보다 중요도가 높은 경우.
7	요소 "i"는 "j"보다 중요도가 매우 높은 경우.
9	요소 "i"는 "j"보다 중요도가 절대적으로 높은 경우.
2, 4, 6, 8 각 척도의 중간값	

요소를 나타낸다.

표 1은 쌍비교 과정에 사용되는 입력값을 나타낸 것이다. 각 요소별로 상대적 중요도를 평가하여 수치적 척도에 따라 1, 3, 5, 7의 값을 부여하고, 그 중간값에 2, 4, 6, 8을 두어 더욱 미세한 평가를 수행하게 된다. 위의 값들이 부여되는 이유는 AHP법의 특성상 문제인식을 수행하는 사람의 주관적 판단에 의해 그 입력값이 평가되기 때문이다.

각 요소에 대한 쌍비교를 통하여 각 요소별로 짝을 이루어 어떤 것이 중요도가 높은지를 판단한다.

쌍비교를 수행할 때, 각 요소의 수량에 따른 행렬형태의 계산이 이루어진다. 예컨대, 비교에 수행되는 요소가 3개이면 "3×3" 행렬식이 된다.

쌍비교 행렬은 상반행렬로써, 비교행렬 a_{ij} 에서 "i"와 "j"를 비교하여 상대적 중요도를 설정한다. 여기서 "i"와 "j"는 A, B, C등의 요소에 해당되며, "i"는 "j"보다 몇 배 더 중요한가로 판단하게 된다. 여기서 a_{AA} , a_{BB} , a_{CC} 는 같은 요소끼리 비교되는 경우이므로 1의 값이 할당된다. 만약 a_{AB} 의 비교값이 3인 경우 a_{BA} 의 비교값은 1/3이 되며, a_{AC} 의 비교값이 5인 경우는 a_{CA} 의 비교값은 1/5가 된다.

즉 a_{AA} , a_{BB} , a_{CC} 를 기준으로 그 값이 역수의 값을 갖는 상반행렬이 된다.

쌍비교 행렬에서 행렬요소값의 계산은 다음과 같이 한다. 몇가지만 예를 들어 설명하면 다음과 같다.

a_{AA} 의 고유값 계산은 $a_{AA}/(a_{AA} + a_{BA} + a_{CA})$ 으로 계산할

표 2. 쌍비교 행렬

	A	B	C
A	a_{AA}	a_{AB}	a_{AC}
B	a_{BA}	a_{BB}	a_{BC}
C	a_{CA}	a_{CB}	a_{CC}

표 3. 쌍비교 행렬의 예

	A	B	C		A	B	C	평균
A	1	3	5	⇒	0.652	0.692	0.556	0.633
B	1/3	1	3		0.217	0.231	0.333	0.261
C	1/5	1/3	1		0.130	0.077	0.111	0.106

수 있다.

즉, $\frac{1}{(1+\frac{1}{3}+\frac{1}{5})}$ 에 해당하는 0.652가 된다.

a_{CA} 의 고유값 계산은 $a_{CA}/(a_{AA} + a_{BA} + a_{CA})$ 으로 계산할 수 있다.

즉, $\frac{1/5}{(1+\frac{1}{3}+\frac{1}{5})}$ 에 해당하는 0.130이 된다.

이렇게 쌍비교 행렬에 대한 각 요소들을 모두 계산하고, 계산된 값에 대한 평균을 구한다. 이 평균값들이 각 요소들의 경중률이 된다.

3. 적 용

3.1 연구대상지역

본 연구의 대상지역은 삼척지역을 선정하였으며, 축척 1/25,000의 지도의 미로, 삼척, 마차, 하마 등 4도역을 사용하였다.

위치는 북위 37°15'에서 37°30', 동경 129도에서 129°15'에 해당되는 범위이며, 동쪽으로는 동해바다로 해안선이 접해 있고 서로는 태백산맥이 있어 전형적인 서고동저형의 지형을 보이고 있다. 또한 강원도 지역의 특징상 산지지형이 많이 분포하고 있으며 석회암지대가 많이 분포하고 있어 석회석을 재료로 하는 산업이 발달해 있다.

3.2 입력자료 구축

DEM으로부터는 경사방향과 경사도를 추출하여 각각

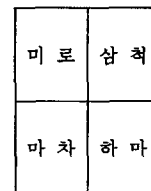


그림 3. 연구대상지역

표 4. 결정 계층

최종단계	1단계	2단계	3단계
산사태 평가	지형적요소	경사방향	분류항목
		경사도	분류항목
	토질적요소	토양	분류항목
		지질	분류항목
	임상요소	경급	분류항목
		밀도	분류항목

레이어로 구축하였으며, 토양도로부터는 통일분류법에 따라 토양을 재분류하여 역시 하나의 레이어로 구축하였고, 지질도로부터는 산사태 발생에 영향을 주는 지질 조건에 따라 분류하여 레이어를 구축하였다.^{9),11)}

임상도에서는 밀도와 경급에 의해 각각 레이어를 구축하였다.

3.3 AHP법에 의한 입력값 산정

선정된 산사태 유발인자 및 각 항목에 대하여 AHP 기법을 적용하였다.

표 4는 산사태를 유발하는 인자 및 항목들에 대하여 계층을 형성시켜 각 단계별로 분류한 것이다.

본 연구에서는 전체 6개의 항목을 부분별로 지형요소, 토질요소, 임상요소 등 3개의 큰 항목으로 영역을 분류하였다. 3개의 큰 항목을 중심으로 우선순위를 선정하여 대안을 결정하는 단계로 총 6개의 대안을 설정하였으며 각각에 대하여 쌍비교를 실시하여 입력값을 구하였다. 최상위단계는 결정계층의 목표이고, 나머지 단계결정에서 인자들에 대한 상세한 설명이 이루어진다. 이러한 결정계층은 사람들의 문제에 대한 인식에 따라서 만들어지기 때문에 문제인식 과정에서 여러 대안들이 만들어 질 수 있다.

입력값을 1, 3, 5로 각각 결정한 것은 입력값간에 적합성을 평가하기 위한 일관성 비율(CR)이 평가기준(0.1) 이하인 0.033이기 때문에 적합하다고 볼 수 있다.

표 11부터 표 16까지는 결정계층 2단계에 해당하며,

표 5. 입력값 결정(지형요소>토질요소>임상요소)

	지형요소	토질요소	임상요소				입력값
지형요소	1	3	5	0.652	0.692	0.556	0.633
토질요소	1/3	1	3	0.217	0.231	0.333	0.261
임상요소	1/5	1/3	1	0.130	0.077	0.111	0.106

표 6. 입력값 결정 (지형요소> 임상요소>토질요소)

	지형요소	임상요소	토질요소				입력값
지형요소	1	3	5	0.652	0.692	0.556	0.633
임상요소	1/3	1	3	0.217	0.231	0.333	0.261
토질요소	1/5	1/3	1	0.130	0.077	0.111	0.106

표 7. 입력값 결정 (토질요소>지형요소>임상요소)

	토질요소	지형요소	임상요소				입력값
토질요소	1	3	5	0.652	0.692	0.556	0.633
지형요소	1/3	1	3	0.217	0.231	0.333	0.261
임상요소	1/5	1/3	1	0.130	0.077	0.111	0.106

표 8. 입력값 결정 (토질요소>임상요소>지형요소)

	토질요소	임상요소	지형요소				입력값
토질요소	1	3	5	0.652	0.692	0.556	0.633
임상요소	1/3	1	3	0.217	0.231	0.333	0.261
지형요소	1/5	1/3	1	0.130	0.077	0.111	0.106

표 9. 입력값 결정 (임상요소>지형요소>토질요소)

	임상요소	지형요소	토질요소				입력값
임상요소	1	3	5	0.652	0.692	0.556	0.633
지형요소	1/3	1	3	0.217	0.231	0.333	0.261
토질요소	1/5	1/3	1	0.130	0.077	0.111	0.106

표 10. 입력값 결정 (임상요소>토질요소>지형요소)

	임상요소	토질요소	지형요소				입력값
임상요소	1	3	5	0.652	0.692	0.556	0.633
토질요소	1/3	1	3	0.217	0.231	0.333	0.261
지형요소	1/5	1/3	1	0.130	0.077	0.111	0.106

표 11. 입력값 결정 (경사>경사방향)

	경사	경사방향				입력값
경사	1	3	0.750	0.750	0.750	
경사방향	1/3	1	0.250	0.250	0.250	

표 12. 입력값 결정 (경사방향>경사)

	경사방향	경사				입력값
경사방향	1	3	0.750	0.750	0.750	
경사	1/3	1	0.250	0.250	0.250	

표 13. 입력값 결정 (토양>지질)

	토양	지질			입력값
토양	1	3	0.750	0.750	0.750
지질	1/3	1	0.250	0.250	0.250

표 14. 입력값 결정 (지질>토양)

	지질	토양			입력값
지질	1	3	0.750	0.750	0.750
토양	1/3	1	0.250	0.250	0.250

표 15. 입력값 결정 (밀도>경급)

	밀도	경급			입력값
밀도	1	3	0.750	0.750	0.750
경급	1/3	1	0.250	0.250	0.250

표 16. 입력값 결정 (경급>밀도)

	경급	밀도			입력값
경급	1	3	0.750	0.750	0.750
밀도	1/3	1	0.250	0.250	0.250

표 17. 경사도에 따른 입력값

	90도이하	35도이하	25도이하	15도이하	입력값
90도이하	1	3	5	7	0.558
35도이하	1/3	1	3	5	0.263
25도이하	1/5	1/3	1	3	0.122
15도이하	1/7	1/5	1/3	1	0.057

*지형자료를 이용한 산사태 분석에 관한 연구, 김갑래, 1993

표 18. 경사방향에 따른 입력값

	S	SE or SW	E or W	기타	입력값
S	1	3	5	7	0.558
SE or SW	1/3	1	3	5	0.263
E or W	1/5	1/3	1	3	0.122
기타	1/7	1/5	1/3	1	0.057

각 유발인자들에 대한 쌍비교를 통하여 입력값을 결정한 것이다.

표 17부터 표 22까지는 산사태 유발인자들에 대한 입력값을 결정한 것으로 각 인자들에 대한 산사태 유발특성을 고려하여 각각 분류하고 그 입력값을 결정하였다.

경사방향에 대한 분류기준은 남향인 사면이 북향인 사면보다 산사태 발생확률이 높다고 보고 표 18과 같이 4가지로 분류하여 입력하였다.

표 19. 토양에 따른 입력값

	ML	SC	SM	SP	GP	입력값
ML	1	3	5	7	9	0.503
SC	1/3	1	3	5	7	0.260
SM	1/5	1/3	1	3	5	0.134
SP	1/7	1/5	1/3	1	3	0.068
GP	1/9	1/7	1/5	1/3	1	0.035

*토양분류법에 따른 분류방법 사용

표 20. 지질에 따른 입력값

	A	B	C	입력값
A	1	3	4	0.608
B	1/3	1	3	0.272
C	1/4	1/3	1	0.120

*A(반암류와 안산암류, 편암, 편마암), B(화강암류), C(퇴적암, 이암, 석회암, 사암)

표 21. 밀도(임상도)에 따른 입력값

	A(소)	B(중)	C(대)	입력값
A	1	3	5	0.633
B	1/3	1	3	0.260
C	1/5	1/3	1	0.106

표 22. 경급(임상도)에 따른 입력값

	1	2	3	4	입력값
1	1	3	5	7	0.558
2	1/3	1	3	5	0.263
3	1/5	1/3	1	3	0.122
4	1/7	1/5	1/3	1	0.057

토양도의 분류는 정밀토양도를 기초자료로 하여 토양의 물성과 공학적 성질을 잘 나타내어 지반공학 연구에서 보편적으로 사용되는 통일분류법에 맞추어 재분류하여 산사태에 영향을 주는 순서로 표 19와 같이 입력값을 부여하였다.^{2),5),7)}

지질에 대한 분류는 현재 공공기관에서 산사태 판정에 사용하고 있는 판정표를 기준으로 표 20과 같이 분류하여 입력값을 결정하였다.^{5),8)}

3.4 산사태 발생 지역 추출

본 연구에서 사용된 산사태를 유발하는 인자는 경사, 경사방향, 토양, 지질, 임상밀도, 임상경급의 6개 항목이다. 이러한 6개의 인자는 크게 지형요소, 토질요소, 임상요소로 구분하여 결정계층을 형성시켰으며 중요도를 판



그림 4. 산사태 등급(범례)

단하여 우선순위를 선정하여 그 경중률을 계산하였다. 계산된 경중률을 입력값을 그리드내의 격자값으로 입력하고 그리드의 중첩기능에 의해 중첩하여 산사태 발생 가능성이 있는 지역을 등급별로 추출하였다.^{9),11)}

그림 4는 추출된 산사태 지역에 대한 사항을 등급별로 구분하여 나타낸 범례이다. 1등급은 붉은색으로, 2등급은 진청색, 3등급은 하늘색, 4등급은 연두색, 5등급은 녹색, 6등급은 회색으로 표현하였으며 검은색은 격자값이 없는 부분을 나타내도록 하였다. 또한 실제 산사태 발생지역을 검은색의 점(point)으로 표현하여 시각적으로 비교할 수 있도록 도면에 표시하였다. 각 도면별로 우측 하단 부분에 5개의 검은색 점이 실제 산사태가 발생한 지역이다.

그림 5는 AHP법에 의해 추출된 산사태 발생지역을

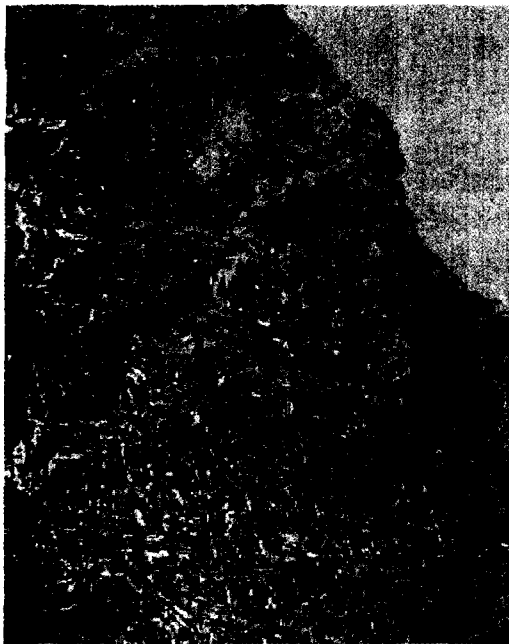


그림 5. 산사태 발생지역 예측도(a123456)

나타낸 도면이다. 모두 48개의 도면이 작성되게 되는데, 여기서는 지면관계상 도면 하나만 소개하였다. 구축된 도면에 대한 도면명은 7자리의 문자와 숫자의 조합으로 표시하였다.

a는 지형요소를, b는 토질요소를, c는 임상요소를 나타내는 것으로 첫 부분에 a로 표시하고 있는 부분은 지형요소의 중요도를 가장 높이 평가했다는 것을 뜻하며, b가 첫 부분에 나오면 토질요소를, c는 임상요소를 가장 중요한 요소로 판단하여 적용했다는 것을 뜻한다. 또한 1은 경사도, 2는 경사방향, 3은 토양, 4는 지질, 5는 밀도, 6은 등급에 해당하도록 하였다.

따라서 1, 2는 지형요소에 대한 사항과 그 조합을 나타내고 있고, 3, 4는 토질요소에 대한 사항을 나타내며, 5, 6은 임상요소에 대한 사항과 그 조합을 나타내고 있다. 그림 5의 도면명인 a123456을 보면 결정계층 1단계에 따른 그 중요도가 지형요소(1, 2), 토질요소(3, 4), 임상요소(5, 6)의 순으로 형성되어 있으며, 2단계에 의하면 경사(1)가 경사방향(2)보다 그 중요도가 높이 평가되고 있음을 알 수 있다. 또한 토양(3)이 지질(4)보다, 밀도(5)가 등급(6)보다 높이 평가되고 있다는 것을 쉽게 알 수 있다

그림 5에서 오른쪽 하단부분에 있는 흑색의 점은 본 연구에서 조사한 실제 산사태 발생 지역을 나타내고 있다.

표 23부터 표 28까지는 각 대안별로 실제 산사태 발생지역이 포함되는 등급의 격자수를 조사한 것이다. 실제 산사태 발생지역은 총 5곳이 조사되었는데, 이 5곳이 각 대안별로 구축된 산사태 가능성 지역 내에서 어느 곳에 포함되는가를 조사하여 표로 나타낸 것이다.

표 23의 경우를 살펴보면, 지형요소>토질요소>임상요소 순으로 중요도를 선정하여 구축된 도면내에서 대부분

표 23. 대안별 산사태 발생지역 분포 (지형요소>토질요소>임상요소)

a>b>c	1	2	3	4	5	6
a123456				3	2	
a123465				3	2	
a124356			1	3	1	
a124365			1	4		
a213456				1	4	
a213465				1	4	
a214356				4	1	
a214365				5	0	

4등급과 5등급내에 분포하고 있음을 알 수 있다. 앞의 4개 도면이 뒤의 4개 도면보다 4등급에 더 많이 분포하고 있음을 볼 때, 지형요소의 견지에서 보면 경사가 경사방향보다 산사태 발생에 영향을 더 크게 미친다는 것을 알 수 있다. 또한 표 23의 뒤부분 4개의 도면중에서 뒤의 2개 도면이 앞의 2개 도면보다 4등급에서의 분포가 크게 나타나고 있는데, 이것은 토질인자의 영향으로 판단될 수 있다. 즉, 지질인자의 영향이 토양인자의 영향보다 산사태 발생에 더 크게 미친다는 것을 알 수 있다.

표 24는 지형요소>임상요소>토질요소 순으로 중요도를 선정하여 구축한 산사태 지역과 실제 지역과 비교한 것이다. 이 경우도 주로 4등급과 5등급에 주로 분포하고 있음을 알 수 있다. 자세히 살펴보면 앞의 4개 도면의 경우가 뒤의 4개의 도면보다 4등급에서의 분포가 많이 나타났다고 볼 수 있다. 따라서 지형요소중 경사가 경사방향보다 산사태에 미치는 영향이 크다는 것을 알 수 있다.

표 25는 토질요소>지형요소>임상요소 순으로 중요도를 선정하여 평가한 것이다. 지질인자를 토양인자보다 중요도를 높이 선정한 경우가 그 반대보다 3등급에 많이

표 24. 대안별 산사태 발생지역 분포
(지형요소>임상요소>토질요소)

a>c>b	1	2	3	4	5	6
a125634			1	2	1	1
a125643			1	2	2	
a126534				3	2	
a126543				3	2	
a215634				1	3	1
a215643				1	4	
a216534				1	4	
a216543				1	4	

표 25. 대안별 산사태 발생지역 분포
(토질요소>지형요소>임상요소)

b>a>c	1	2	3	4	5	6
b341256				4	1	
b341265				5		
b342156				4	1	
b342165				5		
b431256		1	4			
b431265		1	4			
b432156		1	4			
b432165			5			

분포하고 있음을 알 수 있다. 따라서 토질요소에서는 지질인자가 토양인자보다 산사태 발생에 기여하는 바가 크다고 할 수 있다.

표 26은 토질요소>임상요소>지형요소 순으로 중요도를 선정하여 산사태 발생영향을 평가한 표이다. 앞의 4개 도면은 3등급과 4등급에 주로 분포하고 있는데 비해 뒷부분에 있는 4개의 도면은 2등급과 3등급에 분포하고 있음을 알 수 있다. 이것은 역시 토질인자에서는 지질인자가 토양인자보다 산사태 발생에 크게 기여하고 있다는 것을 알 수 있다.

표 27은 임상요소>지형요소>토질요소 순으로 중요도를 선정하여 평가한 표이다. 표 27에 나타난 결과에 따르면 전체 분포 형태가 3등급을 중심으로 분포하고 있으며, 임상요소의 경우 경급의 영향이 밀도의 영향보다 다소 우위를 점하고 있다고 할 수 있다.

표 28은 임상요소>토질요소>지형요소 순으로 중요도를 선정하여 평가한 표이다. 여기서도 경급의 영향이 밀도의 영향보다 다소 높다고 할 수 있다. 또한 표 28에서 뒷부분 4개의 도면을 살펴보면, 토양을 지질보다 중요도를 높이 평가하였을 경우 4등급의 분포가 다소 많은 데

표 26. 대안별 산사태 발생지역 분포
(토질요소>임상요소>지형요소)

b>c>a	1	2	3	4	5	6
b345612			1	4		
b345621			1	4		
b346512					5	
b346521					5	
b435612		3	2			
b435621		1	4			
b436512		4	1			
b436521		2	3			

표 27. 대안별 산사태 발생지역 분포
(임상요소>지형요소>토질요소)

c>a>b	1	2	3	4	5	6
c561234		1		3	1	
c561243		1		3	1	
c562134		1		3	1	
c562143		1		3	1	
c651234			2	3		
c651243			2	3		
c652134			1	4		
c652143			2	3		

표 28. 대안별 산사태 발생지역 분포
(임상요소>토질요소>지형요소)

c>b>a	1	2	3	4	5	6
c563412		1		3	1	
c563421		1		3	1	
c564312		1		3	1	
c564321		1		3	1	
c653412			2	3		
c653421			2	3		
c654312			5			
c654321			5			

비하여 지질을 토양보다 높이 평가하였을 경우에는 3등급에 모두 분포하고 있음을 알 수 있다. 따라서 이 경우에도 지질이 토양보다 산사태 발생에 미치는 영향이 크다고 볼 수 있다.

이상과 같이 총 6개 대안에 대하여 실제 산사태 지역과 본 연구논문에서 추출한 예측지역과 비교를 수행하여 어떤 인자가 산사태에 영향을 미치는 가를 각 대안별로 살펴보았다. 위에서 언급한 사항을 다시 한번 정리해 보면 삼척지역의 경우, 경사도가 경사방향보다 산사태에 미치는 영향이 크고, 지질이 토양보다 산사태 발생에 영향을 크게 미친다는 사실을 알 수 있었다. 또한 임상의 경



그림 6. 산사태 발생지역 예측도(b436512)

우 밀도와 경급이 산사태에 미치는 영향이 비슷하였으나 다소 경급의 영향이 크다고 할 수 있다.

또한 전체적으로 각 대안에 따른 실제 산사태 지역의 분포현황을 조사해 보면, a>b>c(지형요소>토질요소>임상요소)의 경우는 4등급과 5등급에 실제 산사태 지역이 분포하고 있음을 알 수 있으며, a>c>b(지형요소>임상요소>토질요소)의 경우 4등급과 5등급, b>a>c(토질요소>지형요소>임상요소)의 경우는 3등급과 4등급, b>c>a(토질요소>임상요소>지형요소)의 경우 2등급과 3등급, c>a>b(임상요소>지형요소>토질요소)와 c>b>a(임상요소>토질요소>지형요소)의 경우는 4등급을 중심으로 대체적으로 고르게 분포하고 있었다. 즉, 위와 같은 사실을 종합해 보면 지형요소, 토질요소, 임상요소 중에서 토질요소의 영향이 가장 크다는 것을 알 수 있다.

특히, b436512에서는 그 분포형태가 2등급에 4곳 3등급에 1곳이 분포하고 있어 총 48개의 산사태 예측 도면 중에서 가장 좋은 결과가 나타났다.

4. 결 론

본 연구에서는 삼척지역을 연구대상지역으로 선정하고 GIS에 의하여 지도자료를 데이터베이스화 한 후, AHP법을 적용해서 산사태 발생 가능성을 분석한 결과 다음과 같은 결론은 얻었다.

1. 경사도, 경사방향, 지질, 토양, 임상밀도, 임상경급과 같은 산사태를 유발하는 인자들을 조사하여 데이터베이스를 구축하여 산사태 발생 가능지역 예측에 필요한 기초자료로 사용할 수 있었다.

2. 산사태를 유발하는 인자들에 대하여 계층을 형성하고 우선순위를 정한 후 AHP법에 의하여 각 인자들간의 쌍비교를 통하여 계층별로 인자들간의 경중률을 계산할 수 있었으며, 아울러 계층내 인자들의 우선순위를 바꿔가며 다양한 방법에 의한 산사태 발생 가능성이 있는 지역을 추출할 수 있었다.

3. 삼척지역의 산사태 발생지역과 본 연구에서 예측한 산사태 발생지역과의 비교를 통해서 산사태 발생에 미치는 인자들의 영향을 상대적으로 분석하였다. 그 결과 토질인자의 영향이 가장 크게 작용함을 알 수 있었으며, 지형인자에서는 경사방향보다는 사면경사가, 토질인자에서는 토양인자보다는 지질인자가, 임상인자에서는 경급이 밀도보다 산사태에 미치는 영향이 다소 크다는 것을

알 수 있었다.

4. AHP법을 사용하여 산사태 분석을 좀 더 정확하게 수행하기 위해서는 초기 결정 계층의 조직화와 체계화 과정에 필요한 전문적 견해가 필요하며, 이를 위해서는 산사태 각 항목에 대한 전문가의 지식을 받아들여 보충해야 할 것으로 판단된다. 특히 산사태를 발생시키는 요인들이 지역마다 다양한 양상을 보이고 있으며, 자연사면에서 발생하는 산사태보다 사람이 인위적으로 자연을 훼손하거나 변형한 결과 발생하는 경우가 상당한 것으로 알려져 있어 이러한 경우의 조사가 병행되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 최광식, "GIS와 AHP법을 이용한 폐기물 매립지 예측 평가 방법", 강원대학교, 1999.
2. 김윤원, "우리나라 강우 특성으로 인한 산사태에 관한 연구", 중앙대학교, 1990.
3. 심홍근, "우리나라의 산사태 발생 현황과 특성", 단국대학교, 1997.
4. 박하나, "GIS를 이용한 부여 서부지역의 산사태 연구", 공주대학교, 1997.
5. 김종훈, "지형 자료를 이용한 산사태 분석에 관한 연구", 명지대학교, 1994.
6. 신영수, "산사태 발생 추정 요소에 관한 연구", 단국대학교, 1999.
7. 이사로, "지리정보시스템(GIS)을 이용한 청주지역의 광역적 산사태 분석 연구", 연세대학교, 1993.
8. 김윤중 외 다수, "GIS를 이용한 광역 지질재해 분석 연구", Journal of the Korean Society of Remote Sensing, Vol. 7, No. 2, 1991.
9. 천기선, "수치표고모형에 의한 유역에서의 지형인자 분석", 강원대학교, 1999.
10. Arc/Info manual, 1997, ESRI, Inc.
11. "Using GRID with ARC/INFO", 캐드랜드.
12. Thomas L. Saaty, "The Analytic Hierarchy Process-Planning", 1980.
13. "Analytic Hierarchy Process", <http://keunchaejeong.cheju.ac.kr/woring/dss/ahp.html>, 2001.

(2001년 7월 10일 원고접수)