

산사태 발생지역에서의 민감성 분석에 관한 연구 Analysis of Susceptibility in Landslide Distribution Areas

양 인 태¹⁾ · 유 영 겔²⁾ · 천 기 선³⁾ · 전 우 현⁴⁾

Yang, In Tae · Yu, Young Geol · Chun, Ki Sun · Jeon, Woo Hyun

¹⁾ 강원대학교 토목공학과 교수(E-mail: intae@kangwon.ac.kr)

²⁾ 강원대학교 토목공학과 박사수료(E-mail: cain25@nate.com)

³⁾ 강원대학교 토목공학과 박사수료(E-mail: chunkiss@hanmail.net)

⁴⁾ 강원대학교 토목공학과 석사과정(E-mail: wildj23@mail.kangwon.ac.kr)

ABSTRACT : The goal of this study is to generate a landslide susceptibility map using GIS(geographic information system) based method. A simple and efficient algorithm is proposed to generate a landslide susceptibility map from DEM(digital elevation model) and existing maps. The categories of controlling factors for landslides, aspect of slope, soil, topographical index, landuse, vegetation are defined, because those factors are said to have relevance to landslide and are easy to obtain their sources. The weight value for landslide susceptibility is calculated from the density of the area of landslide blocks in each class. Finally, a map of susceptibility zones is produced using the weight value of all controlling factors, and then each susceptibility zone is evaluated by comparing with the distribution of each controlling factor class.

1. 서 론

산사태 위험도 평가는 시간, 노동, 비용적인 측면에 기초하여 평가할 수 있는데 최근에는 GIS 기법을 적용하여 이루어지고 있으며, 이러한 작업들은 특히 컴퓨터를 통하여 각종 자료들을 가공하고 분석함으로써 효과를 극대화할 수 있다.

이러한 GIS 기법은 산사태 위험성을 평가하는데 있어 매우 효과적이고 경제적인 방법을 제공할 수 있다.

이 연구에서는 산사태를 유발하는 인자로서 사면방향, 토양, 식생, 토지이용, TPI(topographical index) 등 다양한 항목을 선정하여 산사태 민감성 평가에 사용하였는데, 사면방향과 TPI는 DEM으로부터 추출할 수 있다. 토양은 정밀토양도로부터 구할 수 있으며, 식생은 위성도로부터 분류할 수 있고 토지이용상태는 최근에 제작된 토지이용도부터 분류를 수행하여 얻을 수 있다.

분류된 항목들을 중첩하여 나타낸 산사태 민감성 평가는 각각의 항목들에 대한 산사태 가능한 면적들에 대한 밀도를 계산함으로써 나타낼 수 있다. 또한 각각의 인자들에 대한 가중치를 사용하여 산사태 민감성을 분류하고, 인자들의 분포상태를 비교함으로써 산사태 민감성 정도를 평가하였다.

2. 연구 방법

2.1 데이터베이스 구축

산사태가 발생한 후 산사태 발생지역에 대한 구체적인 측량자료를 구하기 어렵기 때문

에, 이 연구에서는 산사태 발생 범위에 대한 자료를 얻을 수 있는 의정부지역을 연구대상 지역으로 선정하였다(그림 1).

이 지역의 중심부는 표고 50m 이하의 저지대로서 넓은 충적평야가 형성되어 있고, 이 지역내에서 표고 500m가 넘는 산은 서남부에 위치한 716.7m의 도봉산과 637.7m의 수락산, 서측의 사패산(표고 551.5m) 등이 있다.

산사태 발생지에 대한 산사태 흔적과 기존의 지형도 및 현장 측량에 의하여 산사태 규모를 파악하여 GIS 데이터베이스로 구축하였다. 현장조사 지역의 산사태 발생 지역은 100개소로 산사태 발생 면적은 약 252,250㎡이다.

이 연구에서 산사태 분석을 위한 전제조건으로 산사태 발생은 산사태가 발생했던 장소나 산사태가 발생할 위험성이 높은 지역의 면적범위를 기준으로 산사태 민감성 분석을 수행하였다. 따라서 산사태 발생 분포도로부터 계산된 산사태 범위는 산사태 발생 지역에 대한 측량자료를 사용하였다.

산사태가 발생한 지역의 환경조건을 분석하여 유발인자(controlling factor)를 구할 수 있다. 또한 산사태 민감성 분석을 위한 경중률은 각각의 산사태 유발인자들에 대한 분류항목들의 산사태 밀도분포로부터 계산될 수 있다.



그림 1. 연구대상지역

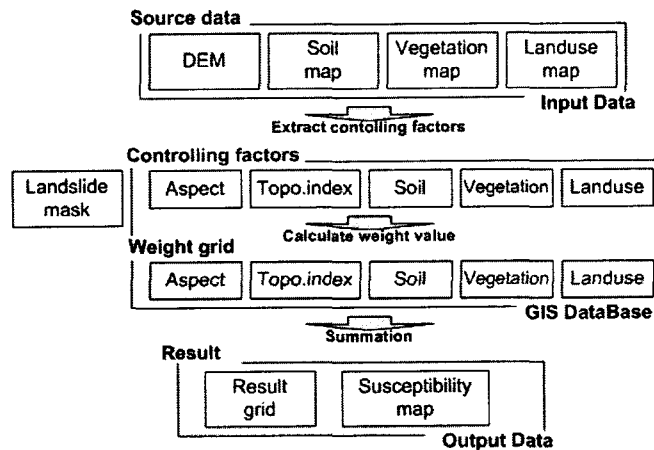


그림 2. 연구흐름도

3. 적용 및 분석

3.1 산사태 유발인자의 추출

산사태를 유발하는 원인으로는 매우 많은 영향요소들이 있지만 이 연구에서는 사면방향, 토양(토질)상태, 식생, topographical index, 토지이용 등으로 제한하여 분석에 이용하였다. 이 요소들은 산사태에 밀접한 관련성이 있으며, 쉽게 데이터를 구할 수 있는 장점이 있다.

각 요소들은 다시 4~15개의 항목으로 세분류하여 연구에 사용하였다.

사면방향은 9개의 항목으로 분류하였다. 산사태는 주로 경사지에서 발생하게 되는데, 이때 암이나 표토가 놓여 있는 방향에 따라 산사태가 일어나는 확률이 달라질 수 있다.

사면방향 요소의 추출은 DEM으로부터 얻을 수 있으며, N, NE, NW, E, S, SE, SW, W의 8방향과 방향이 없는 경우 등 9개의 항목으로 분류하였다.

TPI는 토양과 물의 유출을 나타내는 일종의 지표(index)라 할 수 있는데(Beven and Kirkby, 1979), 이것은 다음과 같은 공식에 의해서 나타낼 수 있다.

$$TPI = \ln\left(\frac{a}{\tan b}\right) \quad \text{----- (1)}$$

여기서, a는 물의 흐름누적임계값(flow accumulation)이고 b는 경사도이다.

흐름누적임계값이 크고 경사각이 작은 경우에 TPI는 매우 높은 값을 가지고 많은 양의 토양과 물을 유출시킨다. TPI 값이 크면 산사태 발생가능성이 크다고 할 수 있다. TPI는 DEM으로부터 추출할 수 있으며, 11단계로 분류하였다.

토양은 토양명, 배수, 유효토심에 대한 관련성을 분석하였으며, 식생은 임상, 경급, 영급, 밀도에 대한 관련성을 분석하였다.

토지이용은 국토지리정보원에서 제작한 토지이용 수치지도로부터 분류하였다.

3.2 경중률 계산

산사태 민감성 평가는 각 유발인자들에서의 분류항목들에 대한 산사태 밀도로부터 평가할 수 있다.

$$\text{분류항목의 산사태 밀도} = \frac{\text{분류항목에서의 산사태 면적}}{\text{분류항목의 전체 면적}} \times 100 \quad \text{----- (2)}$$

각 유발인자의 항목들에 대한 평가 값은 연구지역내에서 평균 산사태 밀도와 각 분류항목들의 산사태 밀도사이의 차이로서 정의된다(Westen, 1993). 각각의 유발인자 항목들의 평가 값은 <표 1>과 같다.

$$\text{평가 값} = \text{분류항목의 산사태 밀도} - \text{평균 산사태 밀도} \quad \text{----- (3)}$$

모든 유발인자들에 대한 평가 값은 각각의 유발인자 분류항목들에 대한 평가 값을 더한 값이 된다. 이 때 평가 값의 범위는 -10 ~ 14까지의 값을 가진다.

표 1. 유발인자 항목별 평가값

ASPECT	항목별 면적	산사태 면적	밀도	평가값
N	2865263	49638	1.73	0.53
NE	3108787	69886	2.25	1.05
E	3802046	57527	1.51	0.31
SE	3495086	32693	0.94	-0.26
S	1988909	6460	0.32	-0.88
SW	1172031	1950	0.17	-1.03
W	1434562	6656	0.46	-0.74
NW	2035952	25173	1.32	0.12
No-aspect	1221732	1836	0.15	-1.05
계	21124368	252250		

TPI	항목별 면적	산사태 면적	밀도	평가값
0	3842288	33081	0.86	-0.34
1	7375761	87015	1.18	-0.02
2	6558796	99905	1.52	0.32
3	2215777	20735	0.94	-0.26
4	863387	10930	1.27	0.07
5	194962	1770	0.91	-0.29
6	55652	166	0.30	-0.90
7	13600	16	0.12	-1.08
8	2725	0	0.00	-1.20
9	1275	0	0.00	-1.20
10	175	0	0.00	-1.20

임상	항목별 면적	산사태 면적	밀도	평가값
활엽수림	4666111	37760	0.81	-0.39
경작지	104687	1879	1.79	0.59
침활혼효림	6496783	129985	2.00	0.80
잣나무림	306999	8736	2.85	1.65
낙엽송림	274077	2664	0.97	-0.23
리기다소나무	593438	31964	5.39	4.19
제지(암석 등)	4245956	37995	0.89	-0.31
미림목지	4436348	2616	0.06	-1.14

LANDUSE	항목별 면적	산사태 면적	밀도	평가값
논	131407	0	0.00	-1.20
밭	248213	0	0.00	-1.20
과수원	11881	0	0.00	-1.20
산림	16086780	253033	1.57	0.37
유원지	21627	80	0.37	-0.83
시가화지역	3492674	0	0.00	-1.20
나대지및녹지	318206	0	0.00	-1.20
도로	633186	471	0.07	-1.13
하천및제방	179358	14	0.01	-1.19

토양명	항목별 면적	산사태 면적	밀도	평가값
ArD	514165	0	0.00	-1.20
AsD2	36192	0	0.00	-1.20
BIC	25252	0	0.00	-1.20
CaE2	368104	1974	0.54	-0.66
CaF2	1926122	48874	2.54	1.34
DEC	146374	0	0.00	-1.20
DED	18941	0	0.00	-1.20
DF	61280	0	0.00	-1.20
DLB	93043	0	0.00	-1.20
DnE2	13172	0	0.00	-1.20
DzD	212431	0	0.00	-1.20
EoC	527921	0	0.00	-1.20
EoD	305312	102	0.03	-1.17
GeE2	2278634	37692	1.65	0.45
GeF2	7624388	49951	0.66	-0.54
GmC	1608323	0	0.00	-1.20
HU	63570	0	0.00	-1.20
IbB	400456	1190	0.30	-0.90
IbC	126474	0	0.00	-1.20
JiB	725	0	0.00	-1.20
MoD	27645	0	0.00	-1.20
NkC	12023	0	0.00	-1.20
SAB	49606	0	0.00	-1.20
ScB	71992	0	0.00	-1.20
SgD2	65945	0	0.00	-1.20
SgE2	1596060	39817	2.49	1.29
StD	50335	0	0.00	-1.20
SvE2	2502908	73990	2.96	1.76
UbC	78155	0	0.00	-1.20
VgC	168561	0	0.00	-1.20
VgD	27849	0	0.00	-1.20
YgC	112411	0	0.00	-1.20
YxB	10016	0	0.00	-1.20



그림 3. 산사태 민감성 분포도

4. 결론

첫째, 산사태 발생지역에 대한 유발인자의 분석을 통하여 인자별 상관성을 추출할 수 있었다.

둘째, GIS 기법을 적용하여 환경요소별 산사태 민감성에 대한 정량적 분석이 가능하여 추후 산사태 대책에 대하여 필수적인 자료들을 제공할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 의정부시 (1999), "98 대홍수의 진단과 재해극복대책 수립".
2. 산림청 (1993), 산사태 위험지 조사 판정 요령.
3. 황석훈 (2002), "GSIS를 이용한 산사태 지역의 분석 및 위험도 작성", 공학석사 학위논문, 강원대학교 대학원.
4. Beven, k. J. and Kirkby, M. J. (1979) A Physically based, variable contributing area model of basin hydrology. Hydrological Sciences, 24, 1, pp.43-69.
5. Van Westen, C. J. (1993) Application of Geographic Information System to landslide hazard zonation. ITC-Publication No. 15, ITC, Enschede, pp.245.