韓國林學會誌 90(3) : 324 - 330. 2001
Jour. Korean For. Soc. 90(3) : 324 - 330. 2001

林道盛土斜面의 崩壞豫測모델 開發[1*]

車斗松[2*] · 池炳澗[3]

Development of Prediction Model for Fill Slope Failure of Forest Road[1*]

Du Song Cha[2*] and Byoung Yun Ji[3]

요 약

본 연구는 비선형모델인 퍼지이론을 이용하여 화성암 지역의 임도성토사면을 대상으로 붕괴가능성 예측모델을 개발하였다. 그 결과는 다음과 같다.

임도 성토사면 붕괴요인의 중요도는 성토사면길이, 성토사면경사, 사면구성물질, 사면방위, 노선위치 등의 순으로 나타났으며, 붕괴위험도는 성토사면길이 8m 이상, 성토사면경사 40° 이상, 풍화암 사면, 북동사면 및 능선부 사면에서 크게 나타났다. 임도 성토사면의 붕괴예측 모델은 퍼지적분값 0.5를 기준으로 할 때, 최적화 계수(c)가 0.15, λ값이 3.1165인 경우에 최적 모델로 산출되었으며, 이때의 판별적중률은 86.8%로 모델의 적합성이 매우 높은 것으로 나타났다.

ABSTRACT

This study was carried out to develop prediction model for fill slope failure of forest road in igneous rock area using fuzzy theory which is non-linear model. The results were summarized as follows.

The importance weight of factors on fill slope failure was ranked in the order of fill slope length, fill slope gradient, soil type, aspect, road position and longitudinal slope form. The degree of potential slope failure was high mainly under the such conditions as fill slope length greater than 8m, fill slope gradients steeper than 40°, constituent material with weathered rock, aspect of NE and road on ridge position.

The optimal prediction model was developed with 0.15 of optimal coefficient(c) and 3.1165 of λ-value when fuzzy integral value of slope failure possibility is more than 0.5. And the discriminant accuracy was 86.8%, which shows the high availability for discrimination.

Key words : prediction model, fill slope failure, fuzzy theory, forest road

---

[1] 接受 2001年 3月 13日 Received on March 13, 2001.
審査完了 2001年 4月 10日 Accepted on April 10, 2001.
[2] 강원대학교 산림과학대학 산림자원학부 Division of Forest Resources, College of Forest Sciences, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea.
[3] 임업연구원 충부시험장 Chungbu Forest Experiment Station, Forest Research Institute, Pocheon 487-820, Korea.
* 본 논문은 1999년도 농림기술개발사업의 첨단과제(관리번호 298080-2)에 의한 연구결과의 일부임.
* 연락저자 E-mail : dscha@kangwon.ac.kr

서 론

우리나라의 임도는 대부분 급준한 지형에 개설되는 관계로, 매년 7~8월의 집중강우에 의하여 임도재해가 발생되고 있으며, 이러한 재해중에는 임도의 사면붕괴가 큰 비중을 점유하고 있다. 일반적으로 사면붕괴에 있어서 성토사면이 절토사면보다는 대규모로 발생되고 있으며, 산사태 등의 2차 재해의 발생원으로 주목받고 있는 실정이다. 임도사면의 붕괴는 기상, 토질, 임도구조, 주변환경 등 다양한 요인이 복합적으로 작용하여 발생하는 것으로 보고되고 있으며(金鍾閏 等, 1990; 近藤, 1994; 車斗松과 池炳潤, 1999), 붕괴요인의 평가에 대한 연구는 주로 통계적 방법에 의하여 실시되고 있다. 그러나 이와 같은 통계적 방법은 독립변수들간에 선형적인 형태의 결합으로 붕괴유무를 판별하기 때문에 독립변수의 카테고리에 반응하는 표본수가 적은 경우에는 그 영향이 과대하게 평가될 수 있으며, 다중공선성 문제를 극복하기 어려운 면도 있으므로 붕괴가능성 예측에는 다소의 문제를 안고 있다. 또한 모델 적용시 붕괴정도를 다양하게 제시하지 못하고 붕괴자체의 유무판정에 국한하고 있다. 그러므로 이와 같은 문제점을 극복함과 동시에 타지역에 적용할 경우 판별적중률을 높이며, 의사결정을 위하여 객관적인 평가자료를 제공할 수 있는 비선형 모델인 퍼지이론을 이용하여 사면붕괴을 예측하는 연구가 진행되고 있다(西 等, 1992; 吉村 等; 1995, 1996; 車斗松 等, 2000; 池炳潤, 2000). 그러나 지금까지의 퍼지적분을 이용한 사면붕괴 예측은 붕괴가능성 지수에 대하여 명확한 의미를 부여하지 못하고, 단지 붕괴가능성 정도에 대한 모호한 값만을 제시하고 있으므로 퍼지측도에 대한 다양한 값의 변화를 주면서 붕괴가능성 지수를 명확히 할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 집중호우로 임도성토사면의 붕괴가 발생한 강원도 및 경기도의 화성암지역 임도를 대상으로 비선형모델인 퍼지이론를 이용하여 객관적이고 합리적인 의사결정이 이루어질 수 있는 최적의 붕괴예측 모델을 개발하였다.

자료 및 방법

1. 조사지역 및 항목

조사지역은 1995년부터 1999년에 걸쳐 여름철의 집중호우로 임도성토사면의 붕괴가 발생한 강원도 및 경기도의 화성암 지역인 6개 노선(계정임도 Ⅰ, Ⅱ(1991년 개설), 잠곡임도 Ⅰ~Ⅳ(1992, 1993, 1995, 1996년 개설)를 대상으로 붕괴지 122개소, 안정지 196개소, 총 318개소를 조사하였다. 또한 조사항목으로는 총노폭(m), 종단물매(°), 성토사면길이(m), 성토사면경사(°), 노선위치, 사면구성물질, 산지경사(°), 사면방위 및 사면종단면형 등 총 9개 요인이다(車斗松 等, 2000).

2. 분석방법

퍼지적분에 의한 임도성토사면의 붕괴예측 모델은 임도사면의 붕괴위험도($h(x_i)$)와 요인의 중요도 (H_i)로 구성된 퍼지측도와의 비선형적 관계로 다음 식(1)과 같다.

$$\int_X h(x_i) \circ g = \bigvee_{i=1}^{n} [(h(x_i)) \wedge g(H_i)] \quad (1)$$

이때 붕괴위험도($h(x_i)$)는 0과 1사이의 값으로 단조 감소하고, 요인의 중요도 (H_i)는 단조 증가하는 형태로 그 합이 1이 되도록 λ퍼지측도를 사용하였으며, $h(x_i)$와 $g(H_i)$의 결합에서 나타나는 최소값들 중에서 최대값을 취하여 퍼지적분값을 산출하였다. 그러나 퍼지적분의 加法性의 조건으로부터 여러 요인의 결합으로 인해 중요도 합이 1을 초과하는 경우, 1이 되도록 식(2)과 같은 매개변수 λ를 사용한다.

$$g_\lambda(H_i) = g^i + g_\lambda(H_{i-1}) + \lambda \cdot g^i \cdot g_\lambda(H_{i-1})$$
$$= \frac{1}{\lambda}\left[\prod_{k=1}^{i}(1+\lambda g^k)-1\right] \quad (2)$$

여기서, λ는 매개변수로써 $\lambda>0$이면 優加法性을 갖고, $\lambda=0$이면 가법성을 가지며, $\lambda<0$이면 劣加法性을 갖는다. 또한 g^i_λ의 常數倍, 즉 최적화 계수 c를 각 요인의 중요도 ($g^1_\lambda, \cdots, g^i_\lambda$)에 곱하여 최적의 붕괴예측 모델을 선정하였다(전인홍과 이광로, 1992).

이상의 퍼지적분에 의한 임도 성토사면의 붕괴예측 모델의 구성요소인 요인의 중요도는 각 요인에 주어지는 가중치로서, 그 크기가 클수록 붕괴발생 유무의 판정에 매우 밀접하게 관련되는 요인

이며, 식(3)과 같이 산출하였다.

$$H_i = \max(a_{ik}) - \min(a_{ik}) \quad (3)$$

즉, 상관비 η^2를 최대로 하는 고유벡터(Eigen-vector) a를 산출한 후, 각 요인내의 카테고리에 부여된 고유벡터 값의 최대값과 최소값의 차이로서 중요도를 결정하였다.

또한 각 요인에 대한 붕괴위험도는 붕괴위험정도가 0에서 1까지에서 가장 판정이 모호한 값인 0.5로 변환해야 하므로 붕괴발생비 1을 붕괴위험도 0.5로 환산하여 사용하였다. 즉, 식(4)와 같이 붕괴발생비에 0.5를 곱하여 붕괴위험도를 산출하였고, 붕괴위험도 값이 1을 초과하는 경우 모두 1로 처리하였다(吉村 等, 1995, 1996).

$$h(x_i) = \frac{WSF}{OSF} \times \frac{1}{2} \quad (4)$$

여기서, WSF(with slope failure) : 붕괴군 i번째 요인의 각 카테고리의 상대빈도율(%)
OSF(without slope failure) : 안정군 i번째 요인의 각 카테고리의 상대빈도율(%)

결과 및 고찰

1. 임도 성토사면 붕괴요인의 평가

임도성토사면의 붕괴요인별로 카테고리를 설정하여 식(3)에 의하여 각 요인의 중요도를 산출한 결과는 Table 1과 같다.

Table 1. The importance weight of nine factors in fill slope failure of forest road.

Factors	Importance weight
Fill slope length(m)	0.617
Fill slope gradient(°)	0.260
Constituent material	0.183
Aspect	0.146
Road position	0.109
Longitudinal gradients(°)	0.062
Longitudinal slope form	0.053
Slope gradients(°)	0.038
Total road width(m)	0.031

사면붕괴에 가장 영향을 많이 끼치는 인자로는 성토사면길이로서 중요도는 0.617이며, 다음으로는 성토사면경사, 사면구성물질, 사면방위, 노선위치, 종단물매, 사면종단면형, 산지경사, 총노폭의 순으로 나타났다.

또한 각 요인에 대한 붕괴위험도는 카테고리별로 각 조사구에 대한 요인별 안정군에 대한 붕괴군의 상대비율인 붕괴발생비를 이용하여 붕괴위험도를 산출한 결과는 Table 2와 같다.

퍼지적분의 평가객체인 붕괴위험도는 붕괴발생비의 붕괴군과 안정군의 상대빈도 값의 비가 1인 경우는 붕괴군과 안정군의 상대빈도 값이 같기 때문에 붕괴위험의 판정이 가장 애매한 상태를 나타낸다. 따라서 퍼지이론에서는 붕괴위험정도가 0에서 1까지의 수중 가장 판정이 모호한 값인 0.5로 변환해야 하므로 붕괴발생비 1을 붕괴위험도 0.5로 환산하여 사용하였다. 즉, 붕괴발생비에 0.5를 곱하여 붕괴위험도를 산출하였고, 붕괴위험도 값이 1을 초과하는 경우 모두 1로 처리하였다. 여기에서 붕괴위험도는 0에 가까울수록 붕괴위험성이 작고, 1에 가까울수록 붕괴위험도이 크다는 것을 의미하며, 0.5는 가장 붕괴발생 유무의 판정이 모호한 상태를 나타낸다.

붕괴위험도는 총노폭이 5m 이하에서 0.58로 가장 크며, 5m~6m사이에서 0.40으로 산출되었으며, 종단물매는 6° 이상에서 1.00, 2~4° 사이에서 0.40으로 나타났다. 성토사면길이는 8m 이상에서 1.00으로 가장 높았고, 4m 이하에서 0.03으로 가장 낮게, 성토사면경사는 40° 이상에서 1.00, 35° 이하에서 가장 낮게 나타났다. 또한 노선위치는 능선부에서 0.96으로 가장 크게, 계곡부에서 0.15로 가장 낮게 나타났으며, 사면구성물질은 풍화암에서 1.00, 호박돌 토사에서 가장 낮은 0.08로 나타났다. 산지경사는 40° 이상에서 0.63으로 가장 크게, 30~35° 사이에서 0.33으로 나타났으며, 사면방위는 북동사면에서 0.94로 가장 크게 나타났으며, 남서사면에서 가장 낮은 0.18로 나타났다. 사면종단면형은 철형 사면에서 0.68로, 요형 사면에서 0.27로 가장 낮게 나타났다.

이상의 결과를 살펴보면, 임도성토사면의 붕괴요인인 총노폭, 종단물매, 산지경사 및 사면종단면형 등의 4개 요인은 붕괴위험도의 최대값과 최소값의 범위가 다른 요인에 비하여 명확하게 구별되지 않고, 또한 요인의 중요도도 매우 미미하여 붕괴발생 유무에 밀접한 관련이 없는 것으로 판단

Table 2. Ratio of slope failure occurrence and degree of potential slope failure.

Factors	Category	Ratio of slope failure occurrence.	Degree of potential slope failure
Total road width(m)	〈 5	1.17	0.58
	5 ~ 6	0.79	0.40
	6 〈	1.13	0.56
Longitudinal gradients(°)	〈 2	0.94	0.47
	2 ~ 4	0.79	0.40
	4 ~ 6	1.48	0.74
	6 〈	2.30	1.00
Fill slope length(m)	〈 4	0.05	0.03
	4 ~ 6	0.06	0.03
	6 ~ 8	1.16	0.58
	8 ~ 10	6.43	1.00
	10 ~ 12	15.26	1.00
	12 〈	∞	1.00
Fill slope gradients(°)	〈 30	0.00	0.00
	30 ~ 35	0.00	0.00
	35 ~ 40	0.57	0.29
	40 〈	3.45	1.00
Road position	valley	0.29	0.15
	slope	0.97	0.49
	ridge	1.91	0.96
Constituent material	gravelly soil	0.15	0.08
	hard rock	0.37	0.18
	soil	1.08	0.54
	soft rock	1.92	0.96
	weathered rock	2.46	1.00
Slope gradients(°)	〈 30	0.89	0.45
	30 ~ 35	0.66	0.33
	35 ~ 40	1.24	0.62
	40 〈	1.26	0.63
Aspect	N	1.38	0.69
	NE	1.89	0.94
	E	1.61	0.80
	SE	0.90	0.45
	S	0.69	0.34
	SW	0.36	0.18
	W	0.54	0.27
	NW	1.14	0.57
Longitudinal slope forms	concave	0.54	0.27
	straight	0.93	0.46
	convex	1.37	0.68

된다. 또한 사면붕괴에 영향를 미치는 사면방위에 대한 기존의 연구결과를 살펴보면, 국지적인 기상인자의 영향을 과대하게 받는 가변요인으로 판단되어 일정한 경향을 나타내고 있지는 않는다(笠等, 1992; 岡 等, 1993; 近藤, 1994; 車斗松과 池炳潤, 1999). 일반적으로 임도사면 붕괴위험도의 최대값과 최소값의 상대적인 차이가 크면 클수록, 그리고 요인의 중요도가 크면 클수록 임도성토사면의 붕괴에 미치는 영향이 매우 크다고 할 수 있다. 따라서 임도성토사면의 붕괴위험도는 상기의 5가지 요인을 제외한 4개의 요인으로 정리하면 성토사면길이 8m 이상, 성토사면경사 40° 이상, 사면구성물질은 풍화암사면, 노선위치는 능선부에서 매우 큰 것으로 나타났다. 특히 임도성토사면길이는 사면붕괴에 미치는 영향이 매우 큰 것으로 나타나, 임도시공시 사면길이를 8m 이하로 제한하여 시설하는 것이 견고한 임도구축을 위한 기준치로 제공될 수 있을 것이다.

2. 임도성토사면 붕괴예측모델 개발

퍼지적분을 이용한 붕괴예측 모델은 붕괴위험도의 최대값과 최소값의 상대적인 차이가 크면 클수록, 그리고 요인의 중요도가 크면 클수록 임도성토사면의 붕괴에 미치는 영향이 매우 크므로, 붕괴요인의 평가에서 요인의 중요도 및 붕괴위험도가 사면붕괴와 밀접한 관련이 없는 요인, 총노폭, 종단물매, 산지경사, 사면종단면형 요인 및 국지적인 기상인자의 영향을 과대하게 받는 가변요인인 사면방위 요인을 제외한 4개의 요인, 즉, 성토사면길이, 성토사면경사, 노선위치, 사면구성물질 등을 이용하여 개발하였다. 또한 모델구성을 위하여, 이들 4개의 요인을 이용한 요인의 중요도는 성토사면길이(2.2142), 성토사면경사(0.7070), 사면구성물질(0.6420), 노선위치(0.3624)의 순으로 산출되어 9개 요인으로 산출된 중요도의 순위와 동일하게 나타났다.

퍼지적분에 적용된 요인의 중요도는 어느 하나의 요인이 1을 초과해서는 안되며, 붕괴유무의 진단적중률이 가장 높은 경우의 λ값을 결정하여 위하여 적절하게 그 값을 비율적으로 줄여줄 수 있는 최적화 계수 c값을 적용하였다. 이러한 c값은 작은 수치를 적용하면 전체적인 퍼지적분값의 평균이 감소하고, 큰 수치를 적용하면 퍼지적분값의 평균이 증가하게 된다. 그러므로 최적의 붕괴예측 모델의 결정은 다양한 c값의 변화에 의하여 붕괴군의 상대빈도가 퍼지적분값 0.5를 기준으로 요인의 중요도와 붕괴위험도 그리고 퍼지척도의 매개변수인 λ값을 결정하였다. 따라서 c값을 점차적으로 증가시키면서 요인의 중요도를 산출한 결과는 Table 3과 같다. 또한 산출한 요인의 중요도로부터 퍼지측도의 최대값이 1이 되는 가법

성을 지니도록 매개변수인 λ값을 산출한 결과는 Table 4와 같다.

그 결과, c값을 0.05로 하였을 때 λ값은 33.6567, 0.10으로 하였을 때 λ값은 8.7146, c값을 0.15로 하였을 경우 3.1165, c값을 0.20으로 하였을 경우 λ값은 1.0309, c값을 0.25로 하였을때 λ값은 0.0625로 산출되었으며, 모든 경우에 있어서 우가법적으로 나타났다.

Table 3. Recalculation of importance weight by optimal coefficient(c).

Factors	Optimal coefficient(c)				
	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
Fill slope length(m)	0.1107	0.2214	0.3321	0.4428	0.5535
Fill slope gradients(°)	0.0353	0.0707	0.1060	0.1414	0.1767
Constituent material	0.0321	0.0642	0.0963	0.1284	0.1605
Road position	0.0181	0.0362	0.0544	0.0725	0.0906
Sum	0.1963	0.3925	0.5888	0.7851	0.9814

Table 4. Determination of λ-value by optimal coefficient(c).

c-value	coefficient of λ				λ-value
	Constant	λ	λ^2	λ^3	
0.05	0.1963	0.3981	0.3188	0.0867	33.6566
0.10	0.3925	0.4123	0.1709	0.0240	8.7146
0.15	0.5888	0.3317	0.0738	0.0055	3.1164
0.20	0.7851	0.1951	0.0191	0.0006	1.0309
0.25	0.9814	0.0184	0.0001	0.0000	0.0625

이상의 요인의 중요도, 붕괴위험도 및 λ값을 이용하여 퍼지적분값을 산출하여 임도성토사면의 붕괴군과 안정군으로 분류한 결과는 Figure 1과 같으며, 예측적중률은 퍼지적분값이 0.5 이상은 붕괴, 그 이하는 안정으로 구분하여 산출한 결과는 Table 5와 같다.

Figure 1에 있어서 (A)와 (B)는 c값을 0.05와 0.10, λ값을 33.6567과 8.7146을 적용했을 때, 안정군에 대한 붕괴군의 상대빈도율의 비율이 1 이상이 퍼지적분값 0.40에서 결정되어 전체적으로 평균적인 퍼지적분값을 다소 증가시킬 필요가 있는 것으로 나타났으며, 판별적중률은 78.6% 및 85.8%로서, 이때의 판별적중율은 (B)가 약간 높게 산출되었다.

(C)와 (D)는 c값을 0.15와 0.20, λ값을 3.1165와 1.0309를 적용했을 때, 안정군에 대한 붕괴군의 상대빈도율의 비율이 1 이상이 퍼지적분값 0.50에서 붕괴예측이 가능한 것으로 나타났다. 또한 이때의 판별적중률은 (C)가 86.8%, (D)가 85.5%로서 나타났다. (E)는 c값을 0.25, λ값을 0.0625을 적용했을 때, 안정군에 대한 붕괴군의 상대빈도율의 비율이 1 이상이 퍼지적분값 0.55에서 결정되어 전체적으로 평균적인 퍼지적분값을 감소시킬 필요가 있는 것으로 나타났고, 이때의 판별적중률은 81.4%로 산출되었다.

Table 5. Discrimination cross table in fill slope failure of forest road.

c-value	Discrimination	Samples with slope failure(%)	Samples without slope failure(%)	Discriminant ratio(%)
0.05	Discriminated to samples with slope failure	96.8	95.9	78.6
	Discriminated to samples without slope failure	50.8	4.1	
0.10	Discriminated to samples with slope failure	27.1	90.3	85.8
	Discriminated to samples without slope failure	78.7	9.7	
0.15	Discriminated to samples with slope failure	7.0	82.7	86.8
	Discriminated to samples without slope failure	93.4	17.3	
0.20	Discriminated to samples with slope failure	5.2	79.6	85.5
	Discriminated to samples without slope failure	95.1	20.4	
0.25	Discriminated to samples with slope failure	4.3	72.4	81.4
	Discriminated to samples without slope failure	95.9	27.6	

이상의 결과를 살펴보면 (A)와 (B)는 안정군에 대한 붕괴군의 상대빈도율의 비율이 1 이상이 퍼지적분값 0.40, (E)의 경우는 퍼지적분값이 0.55에서 결정되어 붕괴예측의 기준값인 0.50에 결정

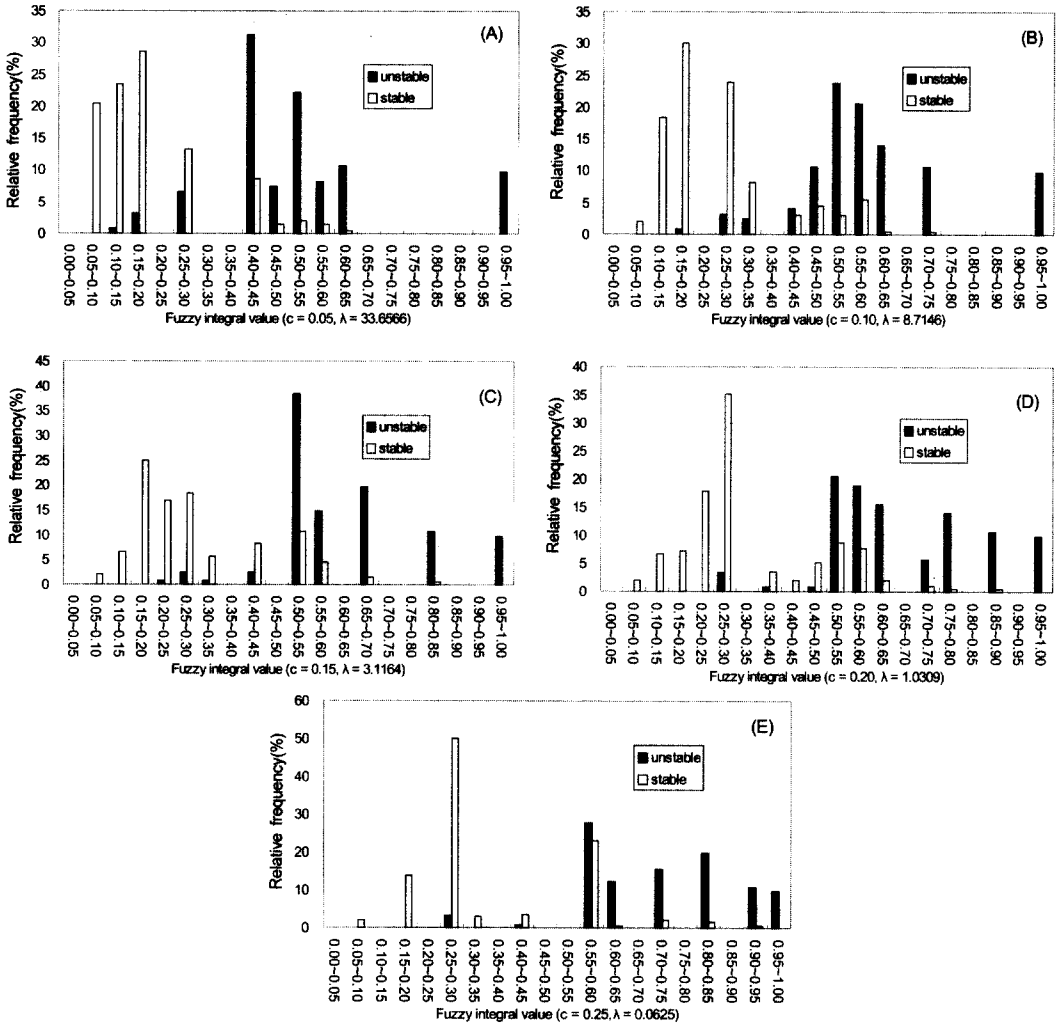

Figure 1. Relative frequency distribution of fuzzy integral value with four factors.

되지 않았기 때문에 부적절한 모델로 판단되었다. 그리고 (C)와 (D)는 퍼지적분값 0.50에서 결정되어 적합한 모델로 결정되었으나, (C)의 경우가 (D)의 경우보다 판별적중율이 다소 높게 산출되어, 퍼지적분을 이용한 최적의 붕괴예측 모델은 (C)의 경우가 가장 적합한 것으로 나타났다 이는 사면붕괴의 판별적중율에 대한 기존의 연구결과보다는 높게 산출되어, 모델의 적합성이 매우 양호한 것으로 나타났다(金鍾閏 等 1990; 車斗松 等, 2000; 近藤, 1994; 吉村 等, 1995, 1996).

결론적으로 임도성토사면에 대한 최적의 붕괴예측 모델을 구성하는 붕괴위험도, 요인의 중요도 및 λ값의 특성치를 재정리하면 Table 6과 같다. 이와 같이 제시된 퍼지적분을 구성하는 특성치를 이용하여 화성암지역의 임도성토사면의 붕괴가능성 평가는 퍼지적분값이 0에서 1까지의 붕괴가능성 지수로 붕괴발생위험의 예측이 가능하다. 이것은 일반적인 0 또는 1로 표현하는 사면붕괴의 유무 판정이 아니라 0에서 1까지의 실수값으로 표현이 가능하다. 즉, 붕괴가능성 지수가 0.8이면 0에서 1까지 중 0.8만큼의 붕괴가능성이 존재하는 것이다. 따라서 향후 GIS를 이용하여 각 노선별, 주요 구간별, 각 임도의 구조 및 규격 등의 데이터베이스를 구축하고, 이와 연동하여 노선의 구간별 임도사면의 붕괴가능성 정도를 다양하게 제시하여 줌으로써 임도사면붕괴에 효율적으로 대처할 수

있을 것이다.

Table 6. Determination of λ-value, degree of potential slope failure and importance weight for fuzzy integral model.

Factors	Category	Degree of potential slope failure $h(x_i)$	Importance weight $g(H_i)$	λ
Fill slope length(m)	< 4	0.026	0.332	3.1164
	4 ~ 6	0.030		
	6 ~ 8	0.582		
	8 ~ 10	1.000		
	10 ~ 12	1.000		
	12 <	1.000		
Fill slope gradients(°)	< 30	0.000	0.106	
	30 ~ 35	0.000		
	35 ~ 40	0.285		
	40 <	1.000		
Road position	valley	0.145	0.054	
	slope	0.487		
	ridge	0.956		
Constituent material	gravelly soil	0.075	0.096	
	hard rock	0.183		
	soil	0.542		
	soft rock	0.958		
	weathered rock	1.000		

結 論

본 연구는 강원도 및 경기도의 화성암지역을 대상으로 퍼지이론을 이용한 임도성토사면 붕괴예측 모델을 개발하였다.

요인별 붕괴도 및 붕괴위험도는 성토사면길이 8m 이상, 성토사면경사 40° 이상, 사면구성물질은 풍화암 사면, 노선위치는 능선부에서 매우 큰 것으로 나타났으며, 퍼지적분은 최적화 계수 c값이 0.15, 매개변수 λ값이 3.1165인 경우에 최적 모델로 채택되었으며, 판별적중율은 86.8%로 매우 높게 나타나, 모델의 적합성이 매우 우수한 것으로 나타났다.

결과적으로 임도성토사면의 붕괴가능성을 최적화 계수의 다양한 변화 및 붕괴가능성 지수의 명확한 의미를 부여하여, 보다 객관적이고, 합리적으로 의사결정이 이루어질 수 있도록 모델을 개발하였다. 그리고 모델구성에 필요한 요인의 수를 현장의 임도 담당자로 하여금 최소의 시간과 비용으로 적절한 사면안정성의 평가를 실시할 수 있도록 임도성토사면의 붕괴발생과 가장 밀접하게 관련된 성토사면길이, 성토사면경사, 노선위치, 사면구성물질 등의 4개 요인으로 축소하여 모델을 구성하였다. 금후에는 조사지역을 확대하여 총합적인 붕괴예측 모델을 검토할 예정이다.

引 用 文 獻

1. 金鍾閏・李海周・李鳳洙・吳世一. 1990. 數量化에 의한 林道 被害原因 分析. 林研研報 41 : 36-62.
2. 전인홍・이광로. 1992. (기본적인)퍼지이론과 응용. 교학사. pp.325.
3. 池炳潤. 2000. 林道斜面의 崩壞診斷 및 小徑材 抑止工法에 關한 硏究. 江原大學校 博士學位論文. pp.201.
4. 車斗松・池炳潤. 1999. 數量化II類에 의한 林道 盛土斜面의 崩壞危險 評價 및 豫測. 韓國林學會誌 88(2) : 240-248.
5. 車斗松・池炳潤・吳宰憲. 2000. Fuzzy理論을 이용한 林道斜面의 崩壞可能性 評價(I) -變成岩地域의 盛土斜面을 中心으로-. 韓國林學會誌 89(1) : 33-40.
6. 笠博義・小島尙人・木林成行・黑台昌弘. 1992. 異なった斜面崩壞のタイプに對する斜面崩壞豫測システムの適用性の硏究. 土木學會論文集 444 : 11-20.
7. 近藤惠市. 1994. 溪流橫斷部における林道災害の硏究. 靜岡大學農學部演習林報告 18 : 45-75.
8. 西邦正・古川浩平・中川浩二. 1992. ファジイ理論を用いたのり面の崩壞要因および崩壞可能性の評價について. 土木學會論文集 445 : 109-118.
9. 岡信彦・風間秀彦・芥川眞知・小田匡寬. 1993. 地質の異なる斜面での降雨に起因した表層崩壞の地域特性. 土木學會論文集 481 : 11-20.
10. 吉村哲彦・赤羽 元・神崎康一. 1995. ファジイ理論を用いた林道のり面の崩壞危險度判定法. 森林利用學會誌 10(3) : 195-204.
11. 吉村哲彦・赤羽元・宮崎裕之・神崎康一. 1996. ファジイ積分による林道のり面の崩壞危險度判定法. 森林利用學會誌 11(3) : 165-172.