

數量化Ⅱ類에 의한 林道 盛土斜面の 崩壞要因 評價 및 豫測^{1*}

車斗松² · 池炳濤²

Evaluation and Prediction of Failure Factors by Quantification Theory(Ⅱ) on Banking Slopes in Forest Road^{1*}

Du Song Cha² and Byoung Yun Ji²

要 約

本 研究는 집중호우로 인하여 임도재해가 발생된 江原道 春川地域의 5개 林道를 대상으로 임도구조 요인 4항목과 입지요인 4항목을 이용하여 數量化Ⅱ類에 의한 林道盛土斜面の 崩壞要因 評價 및 豫測을 실시하였다. 그 결과는 다음과 같다.

林道構造要因인 縱斷물매는 2° 이하 및 4° 이상, 流下距離는 80m 이상, 盛土斜面길이는 6m 이상, 盛土斜面傾斜는 35° 이상에서 성토사면의 붕괴위험도가 높은 것으로 나타났으며, 林道立地要因인 林道路線位置는 능선부, 斜面構成物質은 풍화암과 연암, 山地傾斜는 35~45°, 斜面縱斷面形은凸형과 凹형 사면에서 붕괴위험도가 높은 것으로 나타났다. 또한 사면붕괴에 영향을 미치는 인자는 성토사면 길이, 사면구성물질, 임도노선위치 등의 순으로 나타났으며, 判別的中率은 86.5%로서 높은 적중율을 나타냈다.

ABSTRACT

On the basis of data obtained from five forest roads collapsed due to a heavy rainfall of 1995 in Chunchon, Kangwon-do, this study was carried out to evaluate and predict the fill slope failure of forest roads with four factors of forest road structure and those of location condition by using Quantification theory(Ⅱ). The results were summarized as follows ;

In the structure factors of forest road, the fill slope failure was mainly occurred in longitudinal gradients less than 2° or more than 4°, distance of surface-flow longer than 80m, fill slope length greater than 6m, and fill slope gradients steeper than 35°. In the factors of location condition, the failure was mainly occurred in ridge portion of road position, weathered rock and soft rock of constituent material, slope gradients in the range from 35° to 45°, and concave and convex of longitudinal slope forms. The priority order for factors influencing on fill slope failure was ranked by fill slope length, constituent material, road position, and so on. And the rate of correct discrimination by analysis of fill slope failure was estimated at the high prediction of 86.5%.

Key words : fill slope failure, failure factor, rate of correct discrimination, forest road, Quantification theory(Ⅱ)

¹ 接受 1999年 2月 1日 Received on February 1, 1999.

² 강원대학교 산림과학대학 College of Forest Sciences, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea.

* 본 연구는 한국과학재단 핵심전문 연구비(971-0607-053-1)지원으로 수행된 결과의 일부임.

緒 論

우리나라는 1984년부터 본격적인 임도사업에 착수하여 1997년말 현재 總林道延長 12,413km(민유임도 8,751km, 국유임도 3,662km)로서 林道密度는 1.9m/ha(국유임도 2.6m/ha, 민유임도 1.7m/ha)이며, 2007년까지 총임도연장 29,100km, 임도밀도 4.6m/ha를 계획하고 있다(산림청, 1997).

그러나 임도는 산악지에 대부분 土工作業으로 이루어지기 때문에 여름철 태풍 및 집중호우시 임도사면붕괴로 인하여 산사태 발생, 입지 및 각종 시설물의 파괴 등 많은 피해의 원인이 되고 있다. 임도사면붕괴의 직접적인 원인은 강우로서 일반적으로 연속강우량이 100~150mm 이상이면 붕괴위험성이 높은 것으로 보고되어 있지만(高谷, 1987; 麻鎬燮, 1994), 林道構造要因 및 立地要因 등이 상호 복합적으로 작용하여 붕괴가 발생하며, 이 요인 등에 따라서 그 피해의 강도 및 빈도가 다르게 나타난다. 임도사면붕괴는 어떠한 조건하에서 발생하는가를 구명하기 위해서는 그 發生機構를 파악하는 것이 필수적이며, 이에 관한 연구로는 붕괴사례를 통계적 수법에 의해서 붕괴요인을 추출하여 붕괴기구를 구명하는 연구와 토질공학적 관점에서 붕괴기구를 구명하는 연구로 구분할 수 있다(菊地, 1974; 姜渭平 등, 1986; 西 등, 1992; 金鍾閔 등, 1990; 麻鎬燮, 1994; 近藤 1994; 吉村 등, 1995, 1996). 이것은 일반적으로 判別分析 및 數量化理論을 이용하여 안정 혹은 불안정 중에 어떠한 그룹에 포함되는냐 하는 문제를 판별하는 것이며, 이 崩壞有無에 관여하는 요인의 특성이 파악된다면 재해에 강한 임도의 시공 및 보수·개량에 보다 합리성과 확실성이 기대될 것으로 판단된다.

일반적으로 山地斜面崩壞는 기상조건, 주변환경조건, 토양조건 등이 복합적으로 작용하여 발생하고 있으며, 강우 등의 기상인자, 지질·지형 등의 지형인자 및 임황인자와 산사태 발생의 관계 및 산지붕괴발생 危險度를 평가하는 豫知方法으로 수량화이론에 의한 예측모델이 개발되었다(禹保命; 1972; 崔敬과 朴勝杰, 1983; 姜渭平 등, 1986; 塚本, 1991; 岡 등, 1993; 麻鎬燮, 1994).

임도피해에 관한 연구를 살펴보면 수량화이론을 이용하여 切土斜面, 路面의 피해발생에 작용하는 주요 요인의 구명 및 피해위험지역의 판정·상호작용 등에 관하여 연구가 진행되어 왔다

(菊地, 1974; 金鍾閔 등, 1990; 西 등, 1992; 近藤, 1994; 近藤과 神谷, 1995; 吉村 등 1995, 1996; 車斗松과 池炳潤, 1998). 그러나 일단 사면붕괴가 발생하면 붕괴규모가 절토사면보다 큰 성토사면의 붕괴에 대한 연구는 아직 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구는 강원도 춘천지역에서 1995년도 7, 8월의 집중호우로 발생된 林道 盛土斜面 붕괴지를 대상으로 임도의 입지 및 구조요인을 이용하여 數量化Ⅱ類에 의한 林道盛土斜面의 崩壞要因 評價 및 豫測을 실시하였다.

資料 및 方法

1. 조사대상지

조사대상지는 1995년 7월(총강우량 : 453.9mm, 최대일우량 : 139.5mm)과 8월(총강우량 : 774.7mm, 최대일우량 : 160.5mm)의 集中豪雨로 인하여 임도 성토사면의 붕괴가 발생한 강원도 춘천시 지역의 백양임도(93년 8.68km), 변가터임도(91년 10.16km), 사오랑임도(91년 8.68km), 부귀임도(94년 21km), 당림임도(90년 8.70km)를 대상으로 붕괴지 113개소, 안정지 79개소를 조사하였으며, 조사는 1997년 5월부터 11월에 걸쳐서 실시하였다.

2. 조사항목

조사항목은 임도구조요인으로 종단물매, 유하거리, 성토사면길이, 성토사면경사이며, 임도입지요인으로 임도노선위치, 사면구성물질, 산지경사, 사면종단면형 등 총 8개 요인을 채택하였다. 사면붕괴의 직접적 원인인 강우 및 모암(변성암)은 5개 임도노선이 동일 지역으로 판단되어 해석요인으로부터 제외시켰다.

3. 조사방법

종단물매(°), 유하거리(m), 성토사면길이(m), 성토사면경사(°), 산지경사(°) 등은 줄자 및 경사계를 이용하여 측정하였으며, 임도노선위치는 산복사면, 계곡, 능선부로, 사면구성물질은 토사, 호박돌 토사, 풍화암, 연암, 경암으로, 사면종단면형은 凹형, 凸형, 직선형으로 구분하여 조사하였다. 성토사면길이 및 경사는 붕괴지 양사면의 평균값을 이용하였으며, 조사대상지의 선정방법은 산복사면, 계곡, 능선부로 구분하여 조사하였다.

4. 분석방법

이상의 8개 要因을 수량화II류의 분석을 위하여 붕괴균과 안정균으로 구분하여, 각 요인 별로 category를 표 1과 같이 종단물매는 4단계, 유하 거리는 6단계, 성토길이는 7단계, 성토경사는 4 단계, 임도노선위치는 3단계, 사면구성물질은 5 단계, 산지경사는 6단계 및 사면종단면형은 3단계로 구분하였다.

또한 外的基準(붕괴유무)에 대한 각 요인의 기여정도를 평가하는 척도로는 각 요인들의 偏相關係數(partial correlation coefficient), 혹은 각 요인내의 범주에 부여된 수량의 範圍(range)를 이용하였으며, 각 요인별 category에 반응한 상대 점수(category weight)로서 사면의 안정성을 예측하였다.

結果 및 考察

1. 임도 성토사면의 붕괴요인 특성

임도 성토사면의 요인별로 붕괴균과 안정균으로 구분하여 相對頻度率(%) 및 崩壞發生比를 나타내면 그림 1과 같으며, 붕괴발생비의 산출은 식(1)과 같다.

$$RSF = WSF / OSF \dots\dots\dots(1)$$

여기에서 RSF는 붕괴발생비, WSF는 전체 붕괴지에 대한 각 category의 상대빈도율(%), OSF는 전체 안정지에 대한 각 category의 상대빈도율(%)이다. 붕괴발생비는 안정지에 대한 붕괴지의 상대빈도율로서 붕괴발생비가 1보다 크면 붕괴위험도가 높고, 1보다 작으면 붕괴위험도가 낮다.

그림 1을 살펴보면 縱斷물매는 2~4°에서 가장 붕괴발생지역이 많았지만, 崩壞發生비가 0.66으로 붕괴위험도는 가장 낮게 나타났으며, 4~6°에서 붕괴발생비가 1.70, 2° 이하에서 붕괴발생비가 1.59로서 崩壞危險도가 높은 것으로 나타났다.

流下距離는 120m 이하에서 붕괴발생비 1.0 이하로서 붕괴위험도는 적으나, 이것은 붕괴지 보다 안정지의 상대빈도율이 높아서 붕괴발생비는 낮게 나타났다. 또한 120m 이상에서는 붕괴지의 상대빈도율은 작으나, 崩壞發生비가 높아 붕괴위험이 높다. 특히, 200m 이상에서는 붕괴발생비가 1.63으로 붕괴위험도가 가장 높은 것으로 나타났다.

盛土斜面길이는 4m 이하에서는 안정지의 상대빈도율이 높아서 붕괴발생비는 0.03으로 붕괴위험이 낮았으며, 6~8m에서는 붕괴지의 상대빈도율이 42.5%, 붕괴발생비 2.58로서 崩壞危險도가 높은 것으로 나타났다. 특히 10m 이상에서는 붕괴사면만이 조사되어 붕괴발생이 매우 높은 것으로 나타났다.

盛土斜面傾斜에서는 30° 이하에서 대부분 붕괴가 발생되고 있지 않으며 30~35°에서는 붕괴발생이 낮게, 35~40°에서는 붕괴지 및 안정지의 상대빈도율이 각각 39.8%, 45.6%로 높게 나타났으나, 붕괴발생비는 0.87로 붕괴위험도는 낮게 나타났다. 또한 40° 이상에서는 붕괴지의 相對頻度率이 52.2%로 붕괴지역이 많으며, 붕괴발생비도 1.96으로 붕괴위험도가 높은 것으로 나타났다.

林道路線位置에서는 임도노선이 斜面과 溪谷에 위치하면 붕괴발생이 낮고, 稜線부근에서는 붕괴지의 상대빈도율이 74.3%, 붕괴발생비 2.03으로서 붕괴위험도가 높은 것으로 나타났다.

Table 1. Items and categories of slope failure occurrence in fill slopes

Item	Category						
	1	2	3	4	5	6	7
Longitudinal gradients(°)	<2	2~4	4~6	6<			
Distance of surface-flow(m)	<40	40~80	80~120	120~160	160~200	200<	
Fill slope length(m)	<4	4~6	6~8	8~10	10~12	12~14	14<
Fill slope gradients(°)	<30	30~35	35~40	40<			
Road position	slope	valley	ridge				
Constituent material	soil	gravelly sandy soil	weathered rock	soft rock	hard rock		
Slope gradients(°)	<30	30~35	35~40	40~45	45~50	50<	
Longitudinal slope forms	convex	concave	straight				

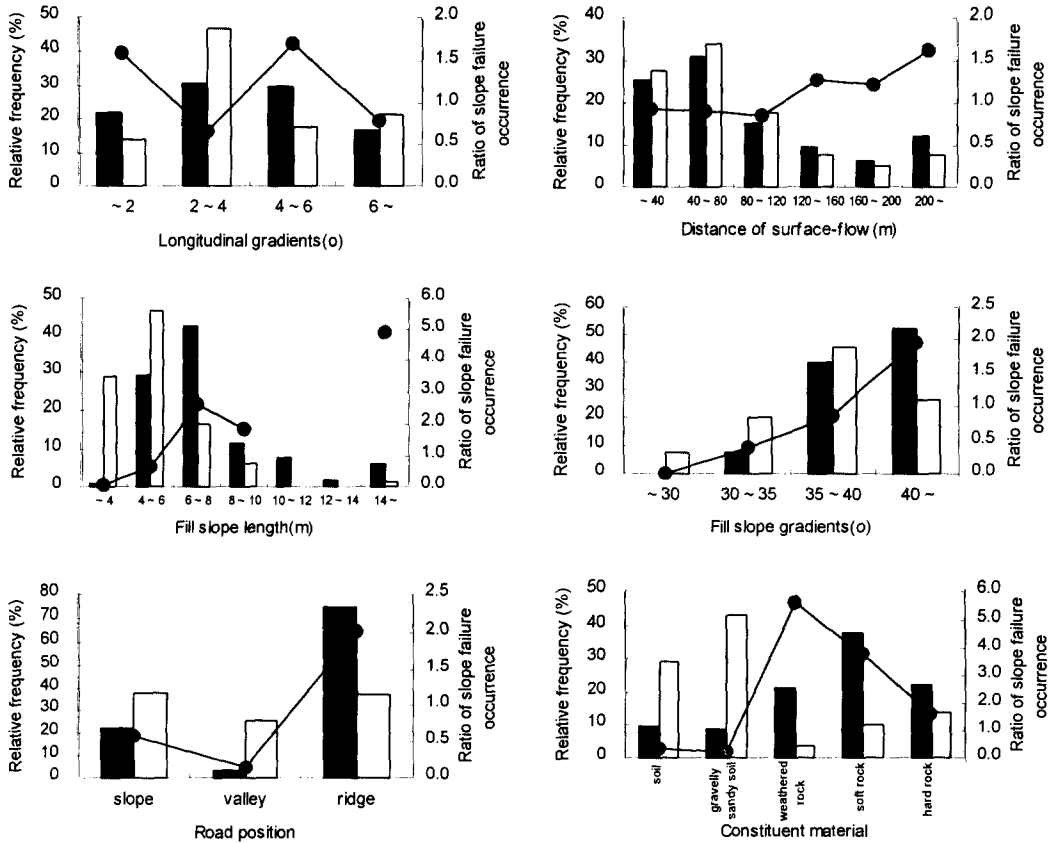


Fig. 1. Relative frequency distribution and ratio of slope failure occurrence of 8 items with and without slope failures.

(■ With slope failure □ Without slope failure —●— Ratio of slope failure occurrence)

斜面構成物質은 토사와 호박돌 토사에서 붕괴 발생이 적고 풍화암, 연암지역에서 붕괴발생비가 5.59와 3.76으로 崩塌危險度가 높은 것으로 나타났다.

山地傾斜는 30° 이하와 50° 이상에서 가장 안정한 것으로 나타났으며 특히 40~45° 사이에서는 붕괴지의 상대빈도율이 31.9%, 붕괴발생비가 2.10으로 가장 崩塌危險度가 높은 것으로 나타났다.

斜面縱斷面形은 凸형 사면에서 붕괴지의 상대 빈도율이 43.4%로서 가장 많은 비율을 점유하고 있으며, 붕괴발생비도 1.80으로 가장 붕괴위험도가 높은 것으로 나타났다.

이상과 같이 임도성토사면의 붕괴요인들을 살펴본 결과, 붕괴지와 안정지의 임도구조요인 및 입지요인들 사이에는 특성차이가 있는 것으로 나타났다.

2. 임도 성토사면의 붕괴발생의 유무판별 및 예측

數量化Ⅱ類에 의한 8개 요인 상호간의 相關係數를 나타내면 표 2와 같으며, 대부분이 요인 상호간에 독립성이 높은 것으로 나타났다. 또한 붕괴군과 안정군에 대한 각 요인의 판별에의 기여 정도를 나타내는 偏相關係數와 範圍는 표 3과 같다.

崩塌發生의 有無와 관계가 깊은 편상관계수의 순서로 요인들을 열거하면 성토사면길이>사면구성물질>임도노선위치>성토사면경사>사면중단면형>산지경사>중단물대>유하거리의 순으로 나타났다으며, 崩塌危險度豫測에 영향을 주는 범위의 순서로는 성토사면길이>사면구성물질>임도노선위치>사면중단면형>중단물대>산지경사>성토사면경사>유하거리의 순으로 나타났다.

이상의 결과를 살펴보면 林道盛土斜面 붕괴유

Table 2. Correlation coefficients between items

Item	Longitudinal gradients (°)	Distance of surface-flow(m)	Fill slope length(m)	Fill slope gradients (°)	Road position	Constituent material	Slope gradients (°)	Longitudinal slope forms
Longitudinal gradients(°)	1	0.0841	0.0768	0.0225	0.0803	0.0444	0.0005	-0.1432
Distance of surface-flow(m)		1	-0.0053	0.1288	-0.0933	-0.0690	-0.0237	0.0011
Fill slope length(m)			1	0.2189	0.2399	0.3362	0.1786	-0.0490
Fill slope gradients(°)				1	0.0103	0.2019	0.1921	-0.0025
Road position					1	0.4262	0.0683	-0.4593
Constituent material						1	0.0914	-0.1560
Slope gradients(°)							1	-0.0973
Longitudinal slope forms								1

Table 3. Range and partial correlation coefficients of each item

Items	Range	Partial correlation coefficients
Longitudinal gradients(°)	0.1224	0.2140
Distance of surface-flow(m)	0.0934	0.1262
Fill slope length(m)	0.4181	0.3936
Fill slope gradients(°)	0.2191	0.1457
Road position	0.2883	0.2940
Constituent material	0.3104	0.3569
Slope gradients(°)	0.1234	0.1749
Longitudinal slope forms	0.2035	0.2692

무의 평가 및 예측에 영향을 미치는 요인으로는 성토사면길이, 사면구성물질, 임도노선위치, 사면 종단면형 등이 공통적으로 가장 영향을 많이 미치고 있는 것으로 나타났으며 기타 요인들은 일정한 경향을 보여 주지 못하고 있다.

또한 임도성토사면의 붕괴요인에 대한 相對點數를 산출하면 그림 2와 같다. 각 요인별의 해석 결과로서 負의 상대점수는 안정측에, 正의 상대

점수는 붕괴측에 작용한다. 또한 각 요인에 있어서 상대점수가 클수록 임도사면의 붕괴위험도는 높고, 낮을수록 안정도가 높다고 할 수 있다.

縱斷물매는 2~4° 사이에서 안정측에, 그 이외에서는 붕괴측에 기여하는 것으로 나타났다. 특히 종단물매 2° 이하 및 4° 이상에서 붕괴위험도가 높은 것으로 나타난 것은 路面流水의 영향으로 판단된다. 일반적으로 종단물매가 낮은 경우, 노면유수수는 흐름이 정지되어 지반이 약한 성토부분에 집중적으로 침투함으로써 토사의 함수량을 증대시켜 間隙水壓이 커지고, 土粒子에 부력이 발생하며, 토입자간의 마찰력이 경감되어 사면붕괴를 발생시킨다. 또한 종단물매가 급한 장소에서의 노면유수수는 流下速度가 빨라서 임도재해의 원인을 제공하고 있는 것으로 판단된다. 그러나 종단물매 6° 이상에서 붕괴위험도가 적은 것은 종단물매가 급하면 일반적으로 시멘트 콘크리트포장 등을 실시하여 임도의 안정성을 높인 결과로서 사료된다. 이에 近藤(1994)에 의하면 임도재해유무는 노면물매가 5.2% 이상과 1.3~2.6%에서 위험도가 높다고 하였으며, 金鍾閔 등(1990)은 임도성토사면에서 종단물매가 3% 이하와 6~15%에서 붕괴위험도가 높으며, 3~6%와 15% 이상에서는 안정측에 기여한다고 보고하였다.

流下距離는 80m 이하에서 안정측에 기여하는

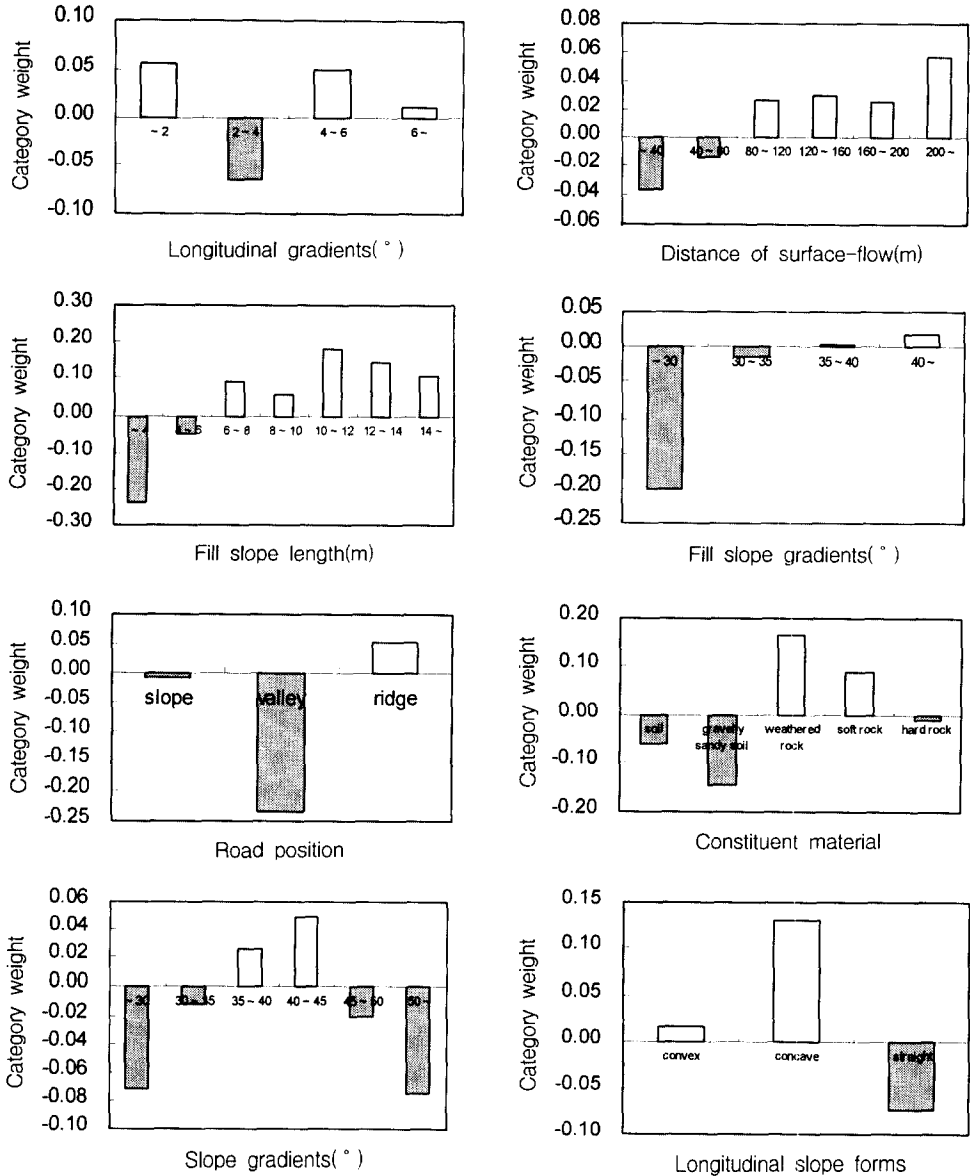


Fig. 2. Category weight of each item and category by Quantification theory(II).

것으로 나타났으며, 그 이상에서는 붕괴위험도가 높은 것으로 나타났다. 이에 대하여 金鍾閔 등(1990)은 성토사면의 붕괴에 유하거리는 일정한 경향이 나타나지 않는다고 보고하였다. 그러나 유하거리가 길수록 集水面積이 넓어짐에 따라 강우시의 유량은 많아지고, 또한 유속이 빨라지므로 곡선부에서는 노면 등을 따라 흐르지 않고 성토사면으로 진행하는 경향이 높기 때문에 사면의 붕괴위험도가 높게 된다. 따라서 유하거리가 80m

이상이 되면 橫斷排水口(開渠 및 暗渠)의 설치가 바람직한 것으로 판단된다.

盛土斜面길이는 6m 이하에서 안정측에, 그 이상에서는 붕괴측에 기여하고 있는 것으로 나타났으며, 특히 사면길이가 10~14m에서 가장 붕괴 위험도가 높은 것으로 나타났다. 金鍾閔 등(1990)은 사면길이 6m를 기준으로 그 이하면 안정, 이상이면 불안정하다고 보고하였으며, 西 등(1992) 및 近藤과 神谷(1995)은 성토사면높이가 높을수록

성토부분이 많게 되어 붕괴위험도가 높다고 보고 하였다. 일반적으로 사면길이가 길수록 붕괴위험도는 높으며, 사면길이가 10m를 초과하는 경우에는 小段 및 斜面保護工 등을 설치하여 사면붕괴를 억제해야 할 것으로 판단된다.

盛土斜面傾斜은 35° 이하에서 안정측에, 그 이상에서는 붕괴측에 기여하고 있는 것으로 나타났다. 이는 사면경사가 30° 이하인 경우는 自然安息角을 이루어 안정성을 갖는 것으로 사료되며, 이에 대하여 金鍾閔 등(1990)은 35° 이하에서 안정측에, 35~40° 사이에서 임도피해발생이 특히 높다고 하였다.

林道路線位置는 주로 산복사면과 계곡부에서 안정측에, 능선부에서는 붕괴측에 기여하는 것으로 나타났다. 이는 능선부에서 임도개설시 土量이 많아지나 적절한 流土가 이루어지지 않아 능선부위에 많은 토량이 성토되기 때문에 붕괴가 많이 발생하는 것으로 판단된다. 산지사면의 붕괴의 경우는 주로 계곡부와 직선부에서 붕괴위험도가 높다고 하여(崔敬과 朴勝杰, 1983; 岡 등, 1993), 임도사면붕괴와는 상이한 결과를 나타내고 있다. 이는 자연사면에서 인위적인 임도개설로 인하여 많은 토량의 발생 및 이에 대한 잔토 처리와 깊은 관련이 있는 것으로 판단된다.

斜面構成物質은 토사, 호박돌섞인 토사 및 경암에서 안정한 것으로, 풍화암, 연암에서는 붕괴위험도가 높은 것으로 나타났다. 이는 입자가 큰 호박돌이 혼합된 토양은 안정성을 유지시켜 주고, 경암인 경우는 대부분 암반지대로 구성되어 붕괴의 위험이 적은 것으로 판단된다. 이에 대하여 金鍾閔 등(1990)은 토사, 경암, 보통암, 연암 등은 안정하고, 풍화암만이 붕괴위험성이 있다고 보고하였으며, 西 등(1992)은 사면붕괴에 있어서 풍화층이 두꺼울수록 붕괴규모가 크다고 하여 도로건설시 안정성을 높이기 위해서는 가능한 이 풍화층을 제거하는 것이 바람직 하다고 하였다.

山地傾斜은 주로 35° 이하 및 45° 이상에서 안정측에 기여하는 것으로 나타났고, 35~45° 사이에서 붕괴위험도가 높은 것으로 나타났다. 일반적으로 산지경사가 35° 이하인 경우는 임도성토사면의 길이는 짧고, 사면경사는 낮으며, 또한 산지경사가 45° 이상에서 임도가 통과하는 지역은 주로 岩石地帶로 형성되어 있어서 임도개설의 어려움은 있으나, 시설후 임도사면의 붕괴위험도는 적은 것으로 판단된다. 이것은 일반적으로 傾斜

가 급하면 어느 정도까지는 붕괴위험도가 높게 되며 그 이상을 넘으면 위험도가 저하된다는 것을 알 수 있다. 吉村 등(1995, 1996)은 산지경사 40~45°에서 성토사면붕괴발생비 및 상대분포율이 조사임도에서 전부 높게 나타났으며, 切取斜面인 경우에는 사면경사가 급할수록 붕괴위험도가 높게 나타나는 경향을 보이지만, 경사가 35° 이상이면 붕괴위험도는 그다지 변화가 없다고 하였다. 近藤(1994)은 林道災害와 集水域傾斜와는 명확한 경향은 없다고 하였으나, 집수역경사가 42° 이상이면 안정하다고 하였다. 일반적으로 임도사면의 붕괴는 임도의 개설로 인한 인위적인 地形改變으로 산지사면의 연속성이 절단되어 발생되며, 특히 산지경사가 35~45° 사이에서 임도사면의 붕괴가 가장 많이 발생되는 것을 알 수 있다.

斜面縱斷面形은 직선형은 안정측에, 凸형과 凹형인 경우는 붕괴발생위험도가 높은 것으로 나타났다. 凹형 사면에서는 강우로 인한 流出水가 주로 凹부에 집중적으로 집수되어 유량이 많아짐과 동시에 유속이 빨라지게 되어 성토사면에 급속히 침투하여 사면붕괴를 유발시키는 것으로 사료되며 임도시공시에 凹형 사면에서는 排水施設을 철저히 시공하여야 할 것으로 판단된다. 또한 凸형 사면에서는 임도개설시 특히 토량이 많이 발생하는 것과 관계가 깊을 것으로 판단된다. 임도절토사면의 붕괴 및 산복소붕괴, 표층붕괴, 산사태 등은 대개 凸형과 凹형인 사면에서 붕괴군의 빈도가 높고 불안정하다고 보고되어 있다(菊地, 1974; 土砂災害對策研究會編, 1983; 塚本, 1991; 姜渭平 등, 1986; 崔敬과 朴勝杰, 1983; 岡 등, 1993).

3. 임도 성토사면의 붕괴판별 정도

林道盛土斜面의 붕괴에 관여하는 요인을 붕괴군과 안정군으로 구분하여 분석한 결과, 붕괴군의 평균은 0.1556, 표준편차 0.1486으로, 안정군은 평균이 -0.2225, 표준편차 0.2079로 나타났으며, 상관비(η^2)는 0.529으로 산출되었다.

붕괴군과 안정군의 판별 적중점은 -0.0103이며(그림 3), 이 값 이상이면 붕괴군, 이 값 이하이면 안정군으로 판별한다. 그림에서 파선은 붕괴군의 분포를, 실선은 안정군의 분포를 나타내고 있다. 가로축의 수치가 클수록 崩壞危險度는 높고, 낮을수록 붕괴위험도가 저하된다.

이상과 같이 임도성토사면의 판별치를 이용하여 안정군과 붕괴군의 실측치와 추정치로 재분류한

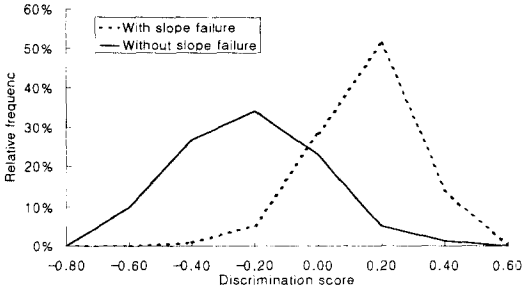


Fig. 3. Discrimination graphs by Quantification theory(II).

Table 4. Discrimination cross table of failure factors on fill slopes

	Samples with slope failure	Samples without slope failure
Discriminated to samples with slope failure	100 (88.5%)	13 (16.5%)
Discriminated to samples without slope failure	13 (11.5%)	66 (83.5%)
Total	113 (100.0%)	79 (100.0%)

결과, 誤分類率は 표 4와 같이 붕괴군의 경우 총 113개소중 13개가 오분류되어 오분류율은 11.5%였고, 안정군의 경우는 총 79개소중 13개소가 오분류되어 16.5%의 오분류율을 나타내 전체적인 判別的中率は 86.5%로 나타났다. 이는 金鍾閔 등(1990)과 吉村 등(1996)이 보고한 判別적중율 74%와 近藤(1994)이 보고한 임도재해에 대한 토질요인의 적중율 69.8%, 임도구조인 적중율 74.6%, 지형요인의 적중율 78.6%에 비하여 높은 값이며, 또한 小橋(1974)가 제시한 判別적중율의 判단기준(80% 이상은 양호, 70% 이상은 보통, 60% 이하는 불량)에 비추어 볼 때 매우 양호한 값으로 산출되었다. 그러나 判別 해석은 要因數가 많을수록 정도가 향상되며, 분석대상지역의 범위가 좁을수록 判別精度는 높아지고 분석지역의 범위가 넓을수록 判別정도는 낮아진다. 이는 붕괴요인이 지역특성에 매우 강하게 영향을 받기 때문에 判別정도가 저하되는 것이다. 따라서 임도성토사면붕괴에 대한 분석결과를 광범위하게 응용하려면 분석대상지역을 적절한 범위로 한정해야 하며, 요인수도 적절한 크기로 제한되

어야 할 것이다.

結 論

본 연구는 1995년도 7, 8월의 집중호우로 인하여 林道災害가 발생된 강원도 춘천지역의 5개 입도를 대상으로 임도구조요인 4항목과 임지요인 4항목을 이용하여 數量化II類에 의한 임도성토사면의 붕괴요인 평가 및 예측을 실시하였다.

林道構造要因인 중단물매는 2° 이하 및 4° 이상, 유하거리는 80m 이상, 성토사면길이는 6m 이상, 성토사면경사는 35° 이상에서 성토사면의 붕괴위험도가 높은 것으로 나타났으며, 林道立地 要因인 임도노선위치는 능선부, 사면구성물질은 풍화암과 연암, 산지경사는 35~45°, 사면중단면형은 凸형과 凹형 사면에서 붕괴위험도가 높은 것으로 나타났다. 또한 상기의 8개 요인중에서 사면붕괴에 가장 영향을 미치는 순위는 성토사면 길이, 사면구성물질과 임도노선위치 등의 순으로서 이들 3개의 요인은 數量化分析에 의한 범위와 편상관계수에서 공통적으로 동일한 순위로 나타났다.

이상과 같이 林道盛土斜面의 崩壞는 주로 임도의 구조요인보다는 임지요인과 더욱 밀접한 관련이 있는 것으로 판단되어 임도노선 선정시 철저히 임도임지요인을 조사하여 붕괴위험도가 높은 지역에 대한 노선설정은 가급적 피하도록 하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다. 그러나 임도성토사면의 붕괴에는 이들 3개의 요인뿐만 아니라 기타 요인들의 상호작용을 통하여 발생되므로 임지적으로 사면붕괴의 위험이 높은 지역에 임도가 개설되는 경우에는 임도구조 요인들을 가능한 한 적절한 규격으로 시공해야 할 것이다. 즉, 중단물매는 적절한 물매를 유지함과 동시에, 불가피하게 물매가 높게 되면 포장 등을 실시하여 노체의 안정도를 높이며, 유하거리가 길지 않도록 횡단배수구를 설치하여 유수의 량과 속도 등을 저감시키며, 성토사면길리와 경사 등에 대해서는 가능한 한 짧게, 낮게 하여 성토량 등을 적게 하는 것이 사면붕괴를 억제할 수 있고, 견고한 임도를 시공할 수 있을 것으로 판단된다.

引用文獻

1. 姜渭平·村井 宏·大村 實·馬鎬燮. 1986.

- 數量化(Ⅱ)類에 의한 山沙汰斜面の 危險度 判別. 韓國林學會誌 75 : 32-37.
2. 金鍾閔·李海周·李鳳洙·吳世元. 1990. 數量化에 의한 林道 被害原因 分析. 林研研報 41 : 36-62.
 3. 麻鎬燮. 1994. 山地斜面の 崩壞危險度 豫測 모델의 開發 및 實用化 方案. 韓國林學會誌 83(2) : 175-190.
 4. 산림청. 1997. 제4차 산림기본계획. 93-114pp.
 5. 禹保命. 1972. 山地의 Mass Soil Movement 現像의 몇가지 特性. 韓國林學會誌 15 : 49-60.
 6. 車斗松·池炳潤. 1998. 林道 切土斜面の 崩壞危險 豫測에 관한 研究. 江原大 森林科學 研究 14 : 145-156.
 7. 崔敬·朴勝杰. 1983. 山沙汰 發生豫知에 관한 研究 - 多變量 解析法에 의한 -. 林研研報 30 : 109-129.
 8. 岡 信彦·風間秀彦·芥川眞知·小田匡寬. 1993. 地質의 異なる 斜面での 降雨に 起因した 表層崩壞의 地域特性. 土木學會論文集 481 : 11-20.
 9. 菊地正泰. 1974. 林道の切取法面の安全度解析. 日本林學會大會講演集 85 : 318-320.
 10. 小橋燈治. 1974. 斜面의 崩壞危險度分類의 問題點. 地すべり 10(3) : 8-14.
 11. 近藤惠市. 1994. 溪流橫斷部における林道災害の研究. 靜岡大學農學部演習林報告 18 : 45-75.
 12. 近藤惠市·神谷信按. 1995. 赤石山地南部における林道災害危險個所の要因分析. 森利研誌 10(3) : 205-212.
 13. 西 邦正·古川浩平·中川浩二. 1992. Fuzzy 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.
 14. 高谷精二. 1987. のり面保護工の基礎と應用. 山海堂. 162pp.
 15. 土砂災害對策研究會編. 1983. 土砂災害の豫知と對策. 土質工學會. 357pp.
 16. 塚本次郎. 1991. 仁淀川下流域の台風災害における山腹小崩壞地点と非崩壞地点の判別. 日林誌 73(3) : 161-171.
 17. 吉村哲彦·赤羽 元·神崎康一. 1995. Fuzzy 理論を用いた林道のり面の崩壞危險度判定法. 森利研誌 10(3) : 195-204.
 18. 吉村哲彦·赤羽 元·宮崎裕之·神崎康一. 1996. Fuzzy積分による林道のり面の崩壞危險度判定法. 森利學誌 11(3) : 165-172.