# Regular Article

pISSN: 2287-2396, eISSN: 2287-240X

Journal of Forest Science

Vol. 30, No. 1, pp. 71-75, February, 2014 http://dx.doi.org/10.7747/JFS.2014.30.1.71



# 임도구조 요인에 따른 절토비탈면 안정구조물의 특성

백승안<sup>1</sup>·지병윤<sup>2</sup>·이 준<sup>1</sup>·차두송<sup>1,\*</sup>

# Characteristics on Stabilization Measures for **Cutting Slopes of Forest Roads**

Seung-An Baek<sup>1</sup>, Byoung-Yun Ji<sup>2</sup>, Joon Lee<sup>1</sup> and Du-Song Cha<sup>1,\*</sup>

Department of Forest Management, College of Forest & Environmental Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Republic of Korea <sup>2</sup>Forest Practice Research Center, Korea Forest Research Institute, Pocheon 487-821, Republic of Korea

#### Abstract

Forest roads failure is one of the most common problems caused by heavy rainfalls. This study investigated the characteristics on stabilization measures installed for cutting slopes failure of forest road resulted from heavy rainfalls. Three primary factors (slope length, slope gradient, soil type) affecting cutting slope failure were considered and stabilization measures were classified into two types (A type: wooden fence, vegetation sandbag, stone masonry; B type: wire cylinder, gabion, concrete retaining wall) through discriminant analysis based on their capacity of resistance to slope failure. Results showed that A type was mainly installed in such conditions as cut slope <8 m, cut slope gradient 30-40° and soil type with soil while B type occurred in locational conditions as cut slope length >8 m, cut slope gradient  $<30^{\circ}$  and >40°, and soil type of gravelly soil and rock.

Key Words: forest road, stabilization measure, slope failure, cut slope

## 서 론

우리나라의 임도사업은 1984년부터 본격적으로 시작 한 이래, 2012년 말 현재까지 임도총길이 17,717 km로서 임도밀도 2.78 m/ha로 시설되어 있으며, 임도시설 기본 계획에 따라 전 산림을 대상으로 2030년까지 54,000 km 를 시설하여 기본임도밀도 8.5 m/ha 달성을 목표로 추진 하고 있는 실정이다(Korea Forestry Service 2013). 그러 나 대부분 임도는 산악지에 위치하며, 토공작업을 위주 로 시공되기 때문에 오늘날과 같은 기후변화로 인한 태 풍 및 집중호우 시 많은 취약점을 노출하여 임도재해를

발생시키고 있으며, 이것이 더욱 확대재생산이 되면 산 사태와 같은 산지재해를 유발시키는 하나의 원인을 제 공할 수도 있다.

임도비탈면붕괴의 직접적 원인인 강우는 일반적으로 연속강우량이 100-150 mm 이상이면 붕괴위험성이 높 은 것으로 보고되어 있지만, 임도의 구조 및 입지 인자 등의 복합적 요인에 의하여 임도 비탈면붕괴가 발생되 고 있다(Cha and Ji 1998; Ji et al. 2003). 특히 최근 임도시 공시 비탈면붕괴를 방지하기 위해 성토면적을 줄이고 원지반인 절토면을 더 절취하고 필요한 곳에 구조물과 녹화공을 설치함으로써 절토비탈면의 안정화를 도모하

Received: February 7, 2014. Revised: February 11, 2014. Accepted: February 11, 2014.

#### Corresponding author: Du-Song Cha

Department of Forest Management, College of Forest & Environmental Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Republic of Korea Tel: 82-33-250-8336, Fax: 82-33-250-5617, E-mail: dscha@kangwon.ac.kr

고 있다. 하지만 비탈면안정을 위한 구조물을 설치를 하 더라도 여름철 집중호우로 인하여 절토비탈면의 붕괴가 빈번히 발생하고 있는 실정이다. 이것은 비탈면 안정구 조물이 현장에서 적절히 반영되고 있는지, 즉 사면길이, 사면경사 등 임도의 구조적 요인 및 토질 등에 따라서 안 정구조물이 적지에 시공되고 있는지에 대한 검토가 필 요한 실정이다. 임도붕괴에 대한 연구를 살펴보면, Lee et al. (2004)은 중부지방 임도를 대상으로 한 연구에서 비탈면의 붕괴는 강우의 집중양상에 크게 영향을 받는 다고 하였으며, 효율적인 절토사면 관리를 위해서 사면 의 안정성 평가 및 위험도 점수 등을 활용한 연구도 진행 되고 있다(Sugiyama et al. 1995; Baek et al. 2005; Kang and Um 2007; Kim et al. 2012). 또한 임도사면의 붕괴요 인 평가 및 예측에 대해서는 비선형 모델인 퍼지이론과 수량화이론을 이용하여 임도 절 · 성토비탈면을 대상으 로 붕괴가능성 예측모델 및 붕괴인자를 규명하였다 (Cha and Ji 1999, 2002; Cha et al. 2000). 그러나 임도 절 토비탈면을 위해 시공된 안정구조물에 대한 연구를 보 면, Moon and Yeon (2006)은 집중호우로 인해 보강사면 이 재 붕괴되는 문제에 대해 절토비탈면의 붕괴특성과 향후 보다 안전한 사면을 형성하기 위한 보강방안 및 검 토사항 등에 대해 분석하였으며, Ji et al. (2009)은 구조 개량 임도를 대상으로 절토비탈면 안정구조물의 재료별 높이, 토질, 사면길이와의 관계를 분석하였다.

따라서 본 연구에서는 강원도 5개의 시 · 군에 위치한 임도를 대상으로, 절토비탈면의 안정구조물과 사면길 이, 사면경사, 토질의 3가지 주요 인자와의 관계분석을 실시하여 향후 보다 안정한 절토비탈면의 안정구조물 시공을 위한 자료를 제공하고자 실시하였다.

# 재료 및 방법

## 조사지역

조사대상지역은 강원도 5개시・군(춘천, 홍천, 화천, 태백, 삼척)에 위치한 임도를 대상으로 하였다(Table 1). 총 조사대상 임도노선의 길이는 76.65 km이며, 춘천지 역 4개 노선(방하리, 신이리, 오탄리, 당림리) 30.90 km, 홍천지역 2개 노선(와야리, 자운리) 11.95 km, 화천지역 1개 노선(삼일리) 5.80 km, 삼척지역 3개 노선(증마읍리, 고자리, 가람리) 22.4 km, 태백지역 1개 노선(원동리) 5.60 km의 총 12개 임도노선을 대상으로 조사하였다.

#### 조사항목

일반적으로 임도 절토비탈면 붕괴에 영향을 미치는

요인은 사면길이, 사면경사, 노선위치, 토질, 사면방위, 사면종단면형, 사면피복률 등이 있다. Cha and Ji (1999, 2002)는 수량화이론(II)에 의한 임도 절토비탈면의 붕괴 발생에 관한 연구에서 사면길이, 겉보기 토질, 사면방위, 사면경사, 산지경사 등 5개의 인자를 가장 큰 요인으로 규정하였다. 본 연구에서는 이 중 경험적으로 상대적 중 요도가 높은 사면길이, 사면경사, 토질의 3가지를 주요 인자를 조사항목으로 선정하여 조사하였다.

#### 조사방법

임도 절토비탈면의 길이 및 경사는 안정구조물 시공 이 된 지점에서 줄자 및 경사계를 이용하여 시공 전 붕괴 지 사면의 구조적인 특성을 반영할 수 있도록 상ㆍ하부 사면의 평균값을 이용하였다. 토질은 겉보기에 따라 일 반토사, 역질토, 암의 3가지로 구분하여 조사하였다.

#### 분석방법

임도 절토비탈면에 시공된 안정구조물의 적용 특성 을 검토하기 위해, 주요 요인인 사면길이는 5구분, 사면 경사는 4구분, 토질은 3구분 하였으며, 조사된 안정구조 물은 붕괴(토압)에 대한 저항정도에 따라 A유형과 B유 형으로 구분하였다. 각 요인 별 category의 판별계수에 따라 계수 값이 (+)인 경우 A유형, (-)인 경우 B유형으 로 구분하는 판별분석을 실시하였다. 또한, 각 요인 별 범위 값 및 편상관계수에 의해 절토비탈면 안정구조물 적용에 영향을 미치는 요인 별 기여도를 평가하였다.

Table 1. General descriptions of forest road investigated

Road name	Road distance (km)	Location		
Bangha-ri	5.50	Namsan-myeon, Chuncheon		
Sini-ri	5.20	Dong-myeon, Chuncheon		
Otan-ri	4.00	Sabuk-myeon, Chuncheon		
Dangnim-ri	16.20	Seo-myeon, Chuncheon		
Waya-ri	5.20	Naecheon-myeon, Hongcheon		
Jaun-ri	6.75	Nae-myeon, Hongcheon		
Samil-ri	5.80	Sanae-myeon, Hwacheon		
Jungmaeup-ri	3.80	Nogok-myeon, Samcheok		
Goja-ri	5.40	Nogok-myeon, Samcheok		
Jungmaeup-ri	8.60	Nogok-myeon, Samcheok		
Won-dong-ri	5.60	Won-dong, Taebaek		
Gallam-ri	4.60	Wondeok-eup, Samcheok		

# 결과 및 고찰

#### 임도 절토사면 안정구조물 현황

조사대상 5개 지역 12개 임도노선 절토비탈면에 시공 된 안정구조물의 현황은 Table 2와 같다. 총 6종(목책, 토 낭, 돌쌓기, 돌망태, 게비온, 콘크리트옹벽)의 안정구조 물이 시공된 것으로 나타났으며, 이 중 돌쌓기가 98개소 (41.35%)로 가장 많이 시공되었고, 콘크리트옹벽 37개 소(15.61%), 토낭 34개소(14.35%), 돌망태 30개소 (12.66%)의 순으로 시공된 것으로 나타났다.

# 임도 절토비탈면 안정구조물과 사면길이, 사면경사 및 토질과의 관계

임도 절토비탈면에 시공된 안정구조물과 사면길이, 사면경사 및 토질과의 관계는 Table 3과 같다. 토낭 (55.9%), 돌쌓기(42.9%), 목책(42.1%), 콘크리트옹벽 (40.5%), 돌망태(40.5%)는 사면길이 5-8 m에서 가장 많 이 시공되었으며, 게비온은 사면길이 8-11 m (36.8%)에 서 가장 많이 시공되었다. 안정구조물과 사면경사와의

**Table 2.** Two types of stabilization measures installed in the study forest roads

Type	Stabilization measures	Count
A	Wooden fence	19 (8.02%)
	Vegetation sandbag	34 (14.35%)
	Stone masonry	98 (41.35%)
В	Wire cylinder	30 (12.66%)
	Gabion	19 (8.02%)
	Concrete retaining wall	37 (15.61%)
Total		237 (100%)

관계를 보면, 콘크리트옹벽(54.1%), 돌쌓기(53.1%), 게 비온(52.6%), 목책(47.4%), 토낭(38.2%)은 사면경사 35-40°에서 가장 많이 시공되었고, 돌망태는 사면경사 30° 미만(36.7%로)에서 가장 많이 시공된 것으로 나타났 다(Table 3). 또한, 안정구조물과 토질과의 관계는 토압 에 견디는 저항정도가 상대적으로 작은 공법인 목책 및 토낭(A유형)은 일반토사에서, 저항정도가 상대적으로 큰 공법인 게비온 및 콘크리트옹벽(B유형)은 역질토 (63.2%) 및 암(37.8%)에서 가장 많이 시공된 것으로 나 타났다.

#### 임도 절토비탈면 안정구조물의 적용 특성

Fig. 1과 같이 임도 절토비탈면 안정구조물에 영향을 미치는 임도구조 요인과의 관계를 분석한 결과, 사면길 이는 8 m 미만에서 A유형, 8 m 이상부터는 B유형에 포 함되는 것으로 나타났다. 사면경사는 30° 미만과 40° 이 상이 B유형, 사면경사 30-40°은 A유형에 포함되는 것으 로 나타났다. 또한, 토질은 일반토사는 A유형, 역질토와 암은 B유형으로 나타났다. 이상의 결과를 종합하면, 임 도 절토비탈면 안정구조물 선정조건 중 사면이 길수록, 사면경사는 30-40° 사이, 토질은 역질토와 암사면 구간 에 게비온 및 중력식 옹벽과 같은 토압에 견디는 저항정 도가 상대적으로 큰 공법을 적용한 것으로 나타났다.

# 임도 절토비탈면 안정구조물의 선정을 위한 요인별 기 여도 평가

임도 절토비탈면 구조물 시공 시 기여하는 정도를 파 악하기 위하여 판별분석에 의한 각 요인별 범위(range) 값 및 편상관계수를 산출한 결과는 Table 4와 같다. 상대 적 기여도를 나타내는 범위 값이 요인 내의 수준의 최저 치와 최대치의 상대적 수치가 크면 클수록 기여도가 큰

**Table 3.** Cut slope length, cut slope gradient and soil type by stabilization measures

Stabilization measures	Cut lope length (m)				Cut slope gradient (°)				Soil type			
	< 5	5-8	8-11	11-14	14<	< 30°	30-35°	35-40°	40° <	Soil	Gravelly soil	Rock
Wooden fence	2	8	5	4	0	3	6	9	1	10	8	1
Vegetation sandbag	0	19	9	4	2	6	8	13	7	25	4	5
Stone masonry	13	42	29	10	4	4	22	52	20	31	52	15
Wire cylinder	0	11	10	6	3	11	4	10	5	16	12	2
Gabion	1	4	7	2	5	2	2	10	5	5	12	2
Concrete retaining wall	3	15	11	5	3	4	3	20	10	13	10	14
Total	19	99	71	31	17	30	45	114	48	100	98	39

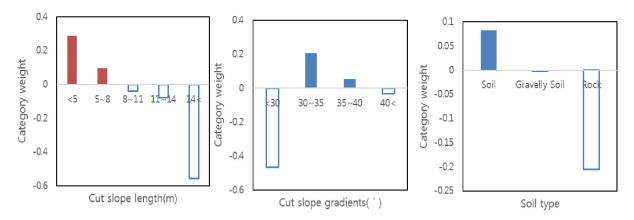


Fig. 1. Three primary factors affecting selection for stabilization measures.

**Table 4.** Relative range and partial correlation coefficient by three primary factors affecting selection for stabilization measures

	Slope length	Slope gradient	Soil type
Rang value Partial correlation coefficient	0.8449	0.6732	0.2873
	0.2181	0.2267	0.1184

것을 의미한다. 편상관계수 값과 범위 값이 높은 인자를 대상으로 절토비탈면 안정구조물의 선정 요인을 평가하 면 다음과 같다.

범위 값에 의한 절토비탈면 붕괴발생에 영향을 주는 기억도는 사면길이(0.8449), 사면경사(0.6732), 토질 (0.2873) 순으로 나타났으며, 편상관계수에 따른 안정구조물 선정에 영향을 주는 기억도는 사면물매(0.2267), 사면길이(0.2181), 토질(0.1184)의 순으로 나타났다.

### 임도 절토비탈면 안정구조물 선정요인의 판별분석

임도 절토비탈면 안정구조물 선정에 기여하는 요인을 A유형과 B유형으로 구분하여 분석한 결과는 Table 5와 같다. A유형의 평균은 0.0650, 분산 0.0655, 표준편차 0.2559, B유형의 평균은 0.1141, 분산 0.0707, 표준편차 0.2658로 나타났으며, 판별 적중점은 0.0043로 나타났다. 또한, 오분류율은 A유형의 경우총 151개소 중 48개소(31.7%)가 오분류 되었고, B유형의 경우는 총 86개소중 35개소(40.7%)가 오분류 되어 전체적인 판별 적중율은 65%로 나타났다(Table 5).

**Table 5.** Discrimination cross table for validating the type of stabilization measures

	A type	B type	Total
Discriminated score <	103	35	138
Discriminated score >	48	51	99
Total	151	86	237

## 결 론

본 연구는 강원도 5개 지역 12개의 임도노선을 대상으로 안정구조물이 시공된 절토비탈면의 주요 인자(사면길이, 사면경사, 토질)와의 판별분석을 통해 안정구조물 시공지의 적용 특성을 검토하고자 하였다. 임도 절토비탈면 안정구조물 선정조건 중 사면이 길수록, 사면경사는 30-40° 사이, 토질은 역질토와 암사면 구간에 게비온 및 중력식 옹벽과 같은 토압에 견디는 저항정도가 상대적으로 큰 공법을 적용한 것으로 나타났다. 범위 값에의한 절토사면 구조물 선정에 영향을 주는 인자는 사면길이, 사면경사, 토질의 순이었고, 편상관계수에 따른 기억도는 사면경사, 사면길이, 토질의 순으로 나타났다. 판별분석의 결과, 65%의 적중률을 보여 임도 절토비탈면안정구조물의 현장적용을 위해서는 본 연구에서 이용한현장조사 및 통계적 수법뿐 아니라 사면안전 해석을 통한 객관적인 기준이 제시되어야 할 것이다.

## 감사의 글

이 연구는 산림청 '산림과학기술개발사업(과제번호: S111213L040110)'의 지원에 의하여 수행되었습니다.

### References

- Baek Y, Kwon OI, Kim SH, Koo HB. 2005. Characteristics of slope failure due to local downpour and slope stability analysis with changing soil depth and groundwater level. J Eng Geol 15: 57-66. (in Korean with English abstract)
- Cha DS, Ji BY. 1998. The prediction of cutting slope failure of forest road. J For Sci 14: 145-156. (in Korean with English abstract)
- Cha DS, Ji BY. 1999. Evaluation and prediction of failure factors by quantification theory (II) on banking slopes in forest road. J Korean For Soc 88: 240-248. (in Korean with English abstract)
- Cha DS, Ji BY, Oh JH. 2000. Evaluation of slope failure possibility on forest road using fuzzy theory (I). J Korean For Soc 89: 33-40. (in Korean with English abstract)
- Cha DS, Ji BY. 2002. The evaluation of failure factors on cutting slopes of forest road by quantification theory (II). J For Sci 18: 7-14. (in Korean with English abstract)
- Ji BY, Cha DS, Jung DH, Oh JH. 2003. Manufacture of failure prediction table of fill slope on forest road in igneous rock area. J Korean For Soc 92: 340-347. (in Korean with English abstract)
- Ji BY, Oh JH, Jung DH, Cha DS, Lee JW. 2009. Construction Status by Construction Materials of Soil Retaining Structure for

- Cut Slope of Forest Road. In: Proceedings of the Annual Meeting of Korean Forest Society. Seoul, Korea, pp 313-316. (in Korean)
- Kang TS, Um JG. 2007. Risk Assessment of the road cut slopes in Gyeoungnam based on multiple regression analysis. J Eng Geol 17: 393-404. (in Korean with English abstract)
- Kim JH, Baek Y, Koo HB, Park KB. 2012. Use of risk score for the effective management of cut slopes. J Eng Geol 22: 223-231. (in Korean with English abstract)
- Korea Forest Service. 2013. Statistical yearbook of forestry. http://www.forest.go.kr Accessed 3 Feb 2014.
- Lee SK, Lee KG, Ban KM, Lee SH, Ban MA, Kim JS. 2004. Landslide occurrence on the fill slope of forest road and its measures in the middle part of Korea. J Korean Soc For Eng 2: 247-257. (in Korean with English abstract)
- Moon HD, Yeon JM. 2006. Case study on countermeasures and cut slope failure characteristic on sedimentary rocks in Jinju area. In: Proceedings of the Annual Meeting of Korean Geo-Environmental Conference. Wonju, Korea, pp 163-171.
- Sugiyama T, Okada K, Muraishi H, Noguchi T, Samizo M. 1995. Statistical rainfall risk estimating method on deep collapse of cut slope. Soils Found 15: 37-48.