

AHP기법을 활용한 임도의 재해위험 등급 구분에 관한 연구

방홍석¹ · 권형근^{1*} · 이준우² · 김명준³

¹충남대학교 대학원, ²충남대학교 산림환경자원학과, ³(주)산림환경공간기술연구소

A Study on Classification of Disaster Risk Rating for Forest Road Using AHP Methodology

Hong-Seok Bang¹, Hyeong-Keun Kweon^{1*}, Joon-Woo Lee² and Myeong-Jun Kim³

¹Graduate school, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

²Department of Environment & Forest Resources, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

³Forest Environment & Geospatial Technology Research Institute, Daejeon 305-325, Korea

요약: 본 연구는 임도의 재해위험 등급을 구분하기 위한 평가표를 제시하고자 수행되었으며, 이를 위해 임도의 재해에 영향을 미치는 인자들을 선정하고 산림공학 전문가들을 대상으로 AHP 설문조사를 실시하였다. 평가항목은 전문가집단의 자문을 통해 크게 자연환경, 인문·사회환경, 임도의 구성요소로 구분하였으며, 총 21개의 평가인자로 구성하였다. 설문조사결과를 바탕으로 각 평가항목에 대한 가중치 분석을 실시하였으며, 분석결과 임도의 구성요소 항목 중 배수시설이 가장 높은 가중치를 점하고 있는 것으로 나타났다. 한편, AHP 분석결과를 바탕으로 각각의 평가항목에 대한 평가기준과 평가점수를 부여하여 평가표를 작성하였다. 도출된 평가표를 현장조사에 적용시킨 결과 최고점은 78.8점, 최저점은 42.7점, 평균점수는 61.8점으로 나타났다. 산정된 점수를 바탕으로 전문가 집단의 회의를 통해 임도의 재해위험 등급을 4등급으로 구분하여 제시하였다.

Abstract: The purpose of this study is to provide basic data for forest roads management by using AHP methodology to group the grade of disaster risk. In addition to this, a field study was performed at 114 targeted points on forest roads where there are high risks of disaster occurrence. The results of the field survey and the analysis of AHP were compared to provide the degree of disaster risks. It shows that the drainage facilities occupied the highest weighted value. Meanwhile, based on AHP analysis data, evaluation chart was created by providing evaluation criteria and evaluation score to each evaluation items. As a result of applying the evaluation chart to the field survey data, the highest score was 78.8 and the lowest score was 42.7 with the mean score of 61.8. Finally, through the experts' consultation based on calculated scores, this study proposed four different groups of disaster risk on forest roads.

Key words: drainage facility, evaluation factor, AHP

서론

최근 기후변화로 인한 국지성 집중호우, 태풍 등으로 인해 임도에서 발생하고 있는 재해가 지속적으로 증가하고 있는 추세이다. 산림청의 통계자료에 따르면 1988년부터 2012년까지 임도의 수해복구 사업량은 총 2,341.2 km로 집계되었으며, 최근 10년간 임도의 수해복구 사업량은 전체 사업량의 68.2%인 1,547.6 km로 피해량이 급격히 증가하였다(KFS, 2014). 또한 사면붕괴나 토사유출에 따른 2차 피해도 증가하고 있으며, 이로 인한 인명 및 재산 피

해 등 피해규모도 대형화되고 있는 실정이다. 하지만 우리나라는 임도의 피해예방을 위한 정책이 미흡한 상황이다. 따라서 임도 재해를 예방하거나 피해를 최소화하기 위해서는 이를 위한 일관성을 가진 정형적인 틀이 마련되어야 할 필요가 있다.

그동안 임도의 재해와 관련된 연구는 비탈면 붕괴와 배수시설 등 구조적 측면에 관한 연구가 주로 선행되었다. 임도의 비탈면 붕괴에 관한 연구는 판별분석법, 수량화II류, 퍼지이론 등을 활용한 통계적 연구와 실험적 데이터를 활용한 연구가 진행되어 왔다. 수량화II류를 활용한 연구로는 Lee(1987), Cha and Ji(1999; 2002b), Ji et al. (2003), KFRI(2006) 등이 절토사면과 성토사면을 중심으

*Corresponding author
E-mail: namoo@cnu.ac.kr

로 연구를 수행하였다. 비선형모델인 퍼지이론을 활용한 연구로는 Cha and Ji(2001; 2002a)가 있었으며, 성토사면과 절토사면의 붕괴예측 모델을 제시하였다. 한편 임도의 배수시설에 관한 연구로는 Lee et al.(2000)과 Hwang(2005)이 임도의 측구에 관한 연구를 수행하였으며, Lee(2002)와 Choi(2010)는 배수시스템에 관한 연구를 통해 배수시설 적정 규격 산출 및 배수량 산정방법을 제시하였다.

하지만 임도 재해는 일부 요인에 의해서 발생하는 것이 아니라 여러 요인들의 복합적 작용 반응에 의해 발생되고 있으므로 정확하고 객관적인 요인에 의하여 임도의 재해위험 평가에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 AHP 기법을 활용하여 임도의 재해위험 등급을 구분하기 위한 평가방법을 개발함으로써 임도의 유지관리 방안 마련에 대한 기초자료를 제공하고자 한다.

연구방법

1. 임도의 재해위험 등급 구분을 위한 평가인자 선정

임도의 재해위험 등급을 구분하기 위해 재해위험 및 사면붕괴와 관련된 선행연구와 관련 부처 및 기관에서 제시한 재해위험등급 사례(KFRI, 2006; KFS, 2011; NEMA, 2011; NEMA, 2013)를 분석하였으며, 이 중 임도와 관련된 31개의 평가인자들을 1차적으로 추출하였다. 추출된 각 평가인자들을 내용 및 의미의 유사도에 따라 분류하였다. 이를 전문가 집단의 자문회의를 통해 의미가 중복되거나 임도재해와 직접적 관련성이 떨어지는 인자는 삭제하여 Table 1과 같이 최종적으로 21개의 평가인자를 도출하였다. 자문회의에 참여한 전문가 집단은 대학교수 5명, 산림기술사 5명, 관련 공무원 2명으로, 총 12명이 참여하였다.

2. AHP기법을 활용한 평가인자간 중요도 평가

도출된 21개의 평가인자에 대한 가중치를 설정하기 위하여 전문가 AHP(Analysis Hierarchy Process; 계층화분석법) 설문조사를 실시하였다. 설문표본은 현재 산림토목학 및 사방공학 분야의 전문가를 대상으로 임의 추출하여 선정하였으며, 총 27명의 설문지 중 일치성지수를 충족하는 19명의 설문지를 최종적으로 분석하였다. 분석에 활용한 자료를 기관별로 구분하면 대학(교수) 5건, 연구기관(연구원)은 7건, 산림법인(산림기술사) 15건이었다. 설문조사 기간은 2013년 5월부터 2013년 6월까지 1개월 동안

진행하였으며, 설문지의 전달 및 수거는 e-mail 또는 우편을 통해 실시하였다. 설문지는 분류단계별로 평가인자에 대한 상대적 중요도를 9점 척도로 비교할 수 있도록 구성하였으며, 이를 쌍대비교한 결과를 통해 인자별 가중치를 산정하였다.

3. 현장조사

현장조사는 임도가 개설된 지역 중 산림청과 전국의 지방자치단체에서 사전에 조사한 재해발생 위험이 예상되는 구간 114개소를 대상으로 실시하였으며, 조사기간은 2012년 8월부터 2013년 10월까지 실시하였다. AHP설문조사 결과 도출된 평가인자를 기준으로 현장조사의 결과를 적용하였으며 이를 바탕으로 최종적으로 임도의 재해위험 등급을 구분하였다.

AHP를 통해 분석된 결과는 현장조사 실시 전 타 평가사례와 비교하여 객관성을 입증해야 하나, 임도에서의 재해에 대한 사례 연구가 미흡하여 평가인자의 선별시 구성된 전문가 집단의 자문을 통해 평가방법과 등급구분 등 현장적용가능성을 검토하였다.

결과 및 고찰

1. AHP 분석 결과

문헌조사와 전문가 집단을 통해 선별된 21개의 평가인자를 내용과 특성에 따라 '인문·사회환경', '자연환경', '임도의 구성요소' 등 3개의 1차 분류항목으로 구분하였으며, AHP 기법을 통해 분석된 가중치 값은 '임도의 구성요소'가 59.0%로 가장 높게 나타났다(Table 1). 이는 임도가 산림내 설치되는 시설물로서 자연스럽게 유지되어 온 임지내 유수의 흐름을 일순간 변화시켜 임도와 인접한 지역의 안정성 문제를 야기할 수 있고(Choi, 2010), 더욱이 임도의 재해는 입지인자보다는 임도의 구조적 인자에 지대한 영향을 받으므로(Lee et al., 2000) '임도의 구성요소'에 대한 평가항목이 가장 큰 비중을 보이는 것으로 판단된다. 이 중에서 '임도 시설물(배수시설, 사면안정시설)'과 '절·성토사면'에 대한 항목이 상대적으로 높게 나타났는데, 이는 임도의 개설에 따라 지형의 변화가 함께 이루어지고(Choi, 2010), 임도가 개설되지 않은 지역에 비해 부유토사량이 급격히 증가하여(Oh et al., 1999; An et al., 2003) 강우 등의 기상현상에 따라 임도의 재해위험성이 높아지기 때문이다. 특히 Copstead and Johansen(1998)은 강수에 의한 피해지역 352개소를 분석한 결과 배수관의

¹⁾ CI = $\frac{\lambda_{\max} - n}{n-1}$, $\lambda_{\max} \geq n$ (단, n=행렬의 차원)

일치성 지수는 일반적으로 0.1이하일 때 일관성이 있는 것으로 간주됨.

Table 1. Analysis result of evaluation per category for the whole of weighting.

1st phase	Weighting (%)	2nd phase	Weighting (%)	3rd phase	Weighting (%)		
Human social environment	14.5	Distance from private house	6.1	-	-		
		Distance from public property	2.1				
		Disaster history	6.3				
Natural environment	26.5	Recurrence interval of rainfall	6.2	-	-		
		Bedrock type	4.1				
		Forest type	2.6				
		Position of forest road	8.4				
		Basin area	5.2				
Component of forest road	59.0	Road & roadbed	10.5	Continuous length	1.5		
				Vertical grade	2.7		
				Cross grade	1.1		
				Drainage facility interval	3.2		
				Paved condition	2.0		
		Cutting slope & fill slope	19.4	Slope form	1.4		
				Vegetation coverage	3.4		
				Slope length	3.2		
				Slope gradient	5.4		
				Slope aspect	1.2		
		Forest road structure	29.1			Soil type	4.8
						Drainage structure	18.6
						Slope stabilization structure	10.5

Table 2. Evaluation of human social environment and natural environment.

Factor	Score per category					
Distance from private house	Distance	Under 100 m	100~150 m	150~200 m	200~250 m	More than 250 m
		3.05	1.25	0.92	0.68	0
Distance from public property	Mountain area slope	Undulating slope-area	Sloping area	Steep slope-area	Steeper slope-area	Bluff slope-area
		0.68	0.56	1.52	3.05	1.79
Distance from private house	Distance	Under 100 m	100~150 m	150~200 m	200~250 m	More than 250 m
		1.05	0.43	0.31	0.24	0
Distance from public property	Mountain area slope	Undulating slope-area	Sloping area	Steep slope-area	Steeper slope-area	Precipitous slope-area
		0.24	0.19	0.53	1.05	0.61
Disaster history	Non disaster history and no damage concerns	Damage has occurred but restoration has perfect	Non disaster history but concern about disaster occurrence	Damage has occurred and insufficient restoration state		
		0	2.1	4.2	6.3	
Recurrence interval of rainfall	n/a	2~5 years	5~20 years	20~50 years	50~100 years	
	0	6.2	4.2	2.2	0.2	
Bedrock type	Igneous rock	Sedimentary rock		Metamorphic rock		
		2.2	3.0		4.1	
Forest type	Broadleaf forest	Mixed forest of soft and hardwood		Coniferous forest		
		0.4	0.8		2.6	
Position of forest road	Horizontal position	Slope area		Valley area		Ridge area
		1.4		2.8		4.2
Position of forest road	Vertical position	Piedmont area		Hillside area		Tiptop area
		1.4		2.8		4.2
Basin area	Under 10 ha	10~30 ha		30~50 ha		More than 50 ha
		1.3		2.6		3.9
						5.2

막힘 현상이 가장 많았으며, 노면에 부유물의 집적, 성토 사면의 침식, 노면 침식 등의 순이라고 하였다. 본 연구의 결과에서도 3단계 평가항목에서 ‘배수시설’과 ‘사면안정 시설’의 비중이 가장 높게 나타났는데, 이는 임도의 시설 물이 재해를 예방하는데 있어서 매우 중요하다는 것을 나타내는 결과라 할 수 있다.

한편, 본 연구에서는 선행 연구 및 여러 재해등급 관련 지침들에서 언급된 인자 외에도 인명 및 재산피해에 영향을 미칠 수 있는 지역을 사전에 점검하는 측면에서 ‘인문·사회환경’에 대한 평가인자를 고려하였으며, 임도의 입지적 인자인 ‘자연환경’을 ‘강우의 재현주기’, ‘모암’ 등 5가지 항목으로 나누어 구성하였다(Table 1). 이 중에서 ‘강우의 재

현주기’와 ‘임도의 위치’ 항목이 상대적으로 높게 나타났는데, 이것은 강우인자가 임도의 안정성에 미치는 영향이 크고 산지에서의 임도위치에 따른 재해의 발생빈도(Cha and Ji, 2001; Park et al., 2010)가 다르게 나타나기 때문인 것으로 사료된다. 특히 사면의 재해와 연관을 짓기 위한 강우기준으로서 강우강도, 강우지속시간, 총강우량, 24시간 연속 강우량, 선행강우량 등의 값을 이용하지만, 산사태나 토석류를 유발하는 강우기준은 단일 기준으로 제시하기 어렵고 이러한 값은 주의보나 경보발령을 위한 목적에서는 용이하게 사용할 수 있지만, 재해대책을 위한 배수시설물의 해석이나 설계를 위해서는 산사태 유발강우의 재현주기로 결과를 제시하는 것이 필요하다(Yune et al., 2010).

Table 3. Evaluation of component of forest road.

Factor	Score per category						
	Vertical grade	Soil vulnerable to erosion (unpaved road)			Soil strong to erosion (macadam)		
Continuous length of road	0~6%	Under 50 m	50~75 m	Over 75 m	Under 90 m	90~120 m	More than 120 m
		0	0.75	1.50	0	0.75	1.50
	7~12%	Under 35 m	35~40 m	Over 40 m	Under 60 m	60~75 m	More than 75 m
		0	0.75	1.50	0	0.75	1.50
	Over 12%	Below 30 m	Over 30 m	Below 50 m	More than 50 m		
		0	1.50	0	1.50		
Vertical grade of road	Under 2%	2~7%	7~12%	12~18%	More than 18%		
	0.9	0	0.9	1.8	2.7		
Cross grade of road	Paved section	Under 1.5%	1.5~2%	More than 2%			
		1.1	0	1.1			
	Unpaved section	Under 3%	3~5%	More than 5%			
		1.1	0	1.1			
Drainage structure interval	Vertical grade	Under 80 m	80~100 m	100~160 m	More than 160 m		
	2~8%	0	0.4	0.6	0.8		
	8~12%	0.4	0.8	1.2	1.6		
	Over 12%	0.8	1.6	2.4	3.2		
Paved condition	Vertical grade (over 8%)	Continuous length (under 40 m)		Continuous length (over 40 m)			
		Paved	Unpaved	Paved	Unpaved		
		0	1	0	2		
Slope form	Straight slope	Convex slope	Concave slope	Complex slope			
	0.35	0.70	1.05	1.40			
Vegetation coverage	Low (under 30%)		Middle (30~60%)	High (more than 60%)			
	3.4		1.4	2.4			
Slope length	Under 4 m	4~8 m	8~12 m	More than 12 m			
	0.8	1.6	2.4	3.2			
Slope gradient	Cutting slope	Under 40°	40~45°	45~50°	50~55°	More than 55°	
		0.55	1.10	1.65	2.20	2.75	
	Fill slope	Under 30°	30~35°	35~40°	40~45°	More than 45°	
		0.55	1.10	1.65	2.20	2.75	
Slope aspect	South	South west	West	North west	North	North east	East
	0.5	0.5	0.2	0.4	1.0	1.2	0.9
	South east						0.7
Soil type	Soil	Gravelly sandy soil	Haed rock	Soft rock	Weathered rock		
	0.96	1.92	2.88	3.84	4.80		

Table 3. Continued.

Factor	Score per category			
Drainage structure	Maintenance condition	Good 0	Normal 3.1	Poor 6.2
	Accuracy of structure position	Good 0	Normal 3.1	Poor 6.2
	Accuracy of structure scale	Good 0	Normal 3.1	Poor 6.2
Slope stabilization structure	Maintenance condition	Good 0	Normal 1.7	Poor 3.5
	Accuracy of structure position	Good 0	Normal 1.7	Poor 3.5
	Accuracy of structure scale	Good 0	Normal 1.7	Poor 3.5

Table 4. Disaster risk rating for forest road.

Grade	Score
1st grade(disaster risk area that require urgent action)	More than 80 points
2nd grade(disaster-prone area that require structural reinforcement and repair)	60~80 points
3rd grade(disaster-prone area of low, but maintenance is required)	40~60 points
4th grade(disaster-prone area of low)	Under 40 points

2. 세부 평가항목의 구분

최종 가중치 값을 바탕으로 각 세부 항목을 평가하기 위해 평가표를 작성하였다(Table 2, Table 3). 평가항목은 선행연구결과 및 관련 법률 등을 참고하여 구분하였는데, ‘인문사회환경’에서는 선행연구결과(Kim et al., 2008; Park et al., 2010; Yoo et al., 2012)를 이용하여 대상지까지의 거리와 산지경사의 평가점수를 부여하였으며, ‘자연환경’ 및 ‘임도의 구성요소’ 항목에서는 산사태취약지역 실태조사 및 지정·관리 지침(KFS, 2012), 산림관리기반시설의 설계 및 시설기준(KFS, 2013), 임도 구조개량 방법 개선(KFRI, 2006) 등을 바탕으로 평가점수를 부여하고 부분적으로 현장조사결과를 적용하였다. 다만, ‘임도의 구성요소 중 ‘배수시설’과 ‘사면안정시설’의 경우에는 시설물 및 공법이 광범위하고 현장의 여건과 환경을 고려해야 하기 때문에 정량적인 결과만으로 재해위험을 평가하는데 있어서 한계가 있다. 따라서 상기 2가지 평가항목에 있어서는 전문조사자로 하여금 정성적 평가가 이루어질 수 있도록 구성하였다.

3. 임도의 재해위험 평가등급 산정

상기의 과정으로 작성된 임도의 재해위험 판정표를 바탕으로 재해위험도에 대한 현장평가를 실시하였다. 총 114 개소에 대해 현장조사를 실시하였으며, 분석 결과 절성토 사면으로 인한 재해발생 위험지역이 57개소로 가장 많았고, 노면 및 노체는 30개소, 배수시설은 27개소로 조사되

었다.

재해위험 평가표를 적용한 결과 평가점수는 평균 61.8 점으로 나타났으며, 최고점은 78.8점, 최저점은 42.7점으로 분석되었다. 현장조사 결과를 바탕으로 전문가 집단의 자문회의를 통해 재해위험 등급을 구분하였으며, 80점 이상은 재해발생 위험지로 시급한 조치가 필요한 지역, 60~80 점은 재해발생 우려가 있어 구조물 보강 및 보수가 필요한 지역, 40~60점은 재해발생 가능성은 낮으나 유지관리가 필요한 지역, 40점 미만은 재해발생 가능성이 낮은 지역으로 구분하였다(Table 4).

결론

본 연구에서는 임도의 재해위험 등급 구분을 위한 평가 모델을 제시하기 위해 국내 임도의 재해유형 분석 및 타 부처/기관의 재해등급 사례를 바탕으로 임도의 재해에 영향을 미치는 인자들을 선정하였고, 도출된 인자로 하여금 AHP 분석기법을 통해 평가인자들에 대한 가중치를 결정하였다. 분석결과 ‘임도의 시설물’이 임도의 재해위험 평가에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 분석되었으며, 그 중 ‘배수시설’의 가중치가 18.6%로 가장 높은 값을 차지하고 있어 임도를 구성하고 있는 요소들 가운데 재해발생에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 판단된다. 또한 ‘배수시설’과 ‘사면안정시설’의 경우 시설물의 종류와 공법이 다양하고 현장의 여건을 고려하여 설계 및 시공이 이루어지기 때문

에 현장조사자의 정성적 평가가 이루어질 수 있도록 구성하였다.

가중치 분석을 바탕으로 임도 관련 규정 및 선행연구사례 등을 참고하여 각각의 평가인자들에 대한 평가기준을 설정하고 평가점수를 부여하였다. 산출된 평가점수를 토대로 임도의 재해발생 우려 대상지 현장조사 결과에 적용시켰으며, 최고점은 78.8점, 최저점은 42.7점, 평균점수는 61.8점으로 나타났다. 또한 산정된 점수를 고려하여 전문가 집단의 회의를 거쳐 총 4개의 등급으로 임도의 재해위험 등급평가표를 제시하였다.

최근 집중호우를 비롯한 기후변화 등의 원인에 의해 산지재해는 증가하고 있으며, 임도의 피해사례도 늘어나고 있는 추세이다. 임도의 피해를 최소화하고 예방하기 위해서는 사전에 재해위험 대상지를 선정하고 이를 체계적으로 관리할 수 있는 방안이 선행되어야 할 것이다. 이를 위해 정량적인 평가 방법이 도입되어야 하며, 본 연구결과를 바탕으로 임도의 재해예방 및 유지관리를 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 산림청 ‘산림과학기술개발사업(과제번호: S111213L150110)’의 지원에 의하여 수행되었음.

References

- An, Y.S., Cho, H.D., Oh, K.I., Chai, J.K., and Chun, K.W. 2003. Effect of the Forest Road on the Variation of Suspended Sediment in the Small Forest Watershed. *Journal of Korean Forest Society* 92(1): 19-26.
- Cha, D.S. and Ji, B.Y. 1999. Evaluation and Prediction of Failure Factors by Quantification Theory(II) on Banking Slopes in Forest Road. *Journal of Korean Forest Society* 88(2): 240-248.
- Cha, D.S. and Ji, B.Y. 2001. Development of Prediction Model for Fill Slope Failure of Forest Road. *Journal of Korean Forest Society* 90(3): 324-330.
- Cha, D.S. and Ji, B.Y. 2002a. Development of Prediction Model for Cutting Slope Failure in Forest Road. *Journal of Korean Forest Society* 91(3): 412-419.
- Cha, D.S. and Ji, B.Y. 2002b. The Evaluation of Failure Factors on Cutting Slopes of Forest Road by Quantification Theory(II). *Journal of Forest Science* 18: 7-14.
- Copstead, Ronald and David Kim Johansen. 1998. Water/Road Interaction Examples from Three Flood Assessment Program. pp. 15.
- Choi, Y.H. 2010. A Study on the Planning of Forest Road Drainage System. Chungnam National University Graduate School. Doctoral Dissertation. pp. 154.
- Hwang, S.H. 2005. A Study on the Maintenance of Forest Road Side-ditch - with Hong-Chun Sammachi Forest Road. Sangji University Graduate School. Paper of Masters Degree. pp. 38.
- Ji, B.Y., Cha, D.S., Jung, S.H., and Oh J.H. 2003. Manufacture of Failure Prediction Table of Fill Slope on Forest Road in Igneous Rock Area. *Journal of Korean Forest Society* 92(4): 340-347.
- KFRI. 2006. Improvement of Reconstruction Method for Forest Road. pp. 72.
- KFS (Korea Forest Service). 2011. Management of Mountainous Districts Act (Amended by Jun. 1. 2012).
- KFS (Korea Forest Service). 2012. <http://www.forest.go.kr/> (2014.01.21).
- Kim, K.S., Song, Y.S., Chae, B.G., Cho, Y.C., and Jeong, G.C. 2008. Development of Investigation and Analysis Technique to Landslides and Its Application. *The journal of Engineering Geology* 18(1): 69-81.
- Lee, S.H. 2002. Estimating the Amount of Water Drainage Through Forest Road Side-Ditch Using A Rainfall-Runoff Model for Forest Watersheds. Seoul National University Graduate School. Paper of Masters Degree. p. 92.
- Lee, J.W. 1987. Study on Stability analysis of Cutting Slope for Forest Road. Seoul National University Graduate School. Paper of Masters Degree. pp. 43.
- Lee, H.J., Ji, B.Y., Jung, D.H., Kim, J.Y. and Cha, D.S. 2000. Evaluation of Side - ditch Erosion Factors and Judgment of Side - ditch Stability in Forest Road. *Journal of Korean Forest Society* 89(3): 397-404.
- NEMA (National Emergency Management Agency). 2011. Prevention of Steep Slope Disasters Act (Amended by Apr. 15. 2011).
- NEMA (National Emergency Management Agency). 2013. Countermeasures Against Natural Disasters Act(Amended by Mar. 7. 2011).
- Oh, J.M., Inoue, S., Ezaki, T., and Chun, K.W. 1999. Effect of the Forest Road on Suspended Sediment Yield in the Small Forest Watershed. *Journal of Korean Forest Society* 88(4): 477-484.
- Park, C.M., Ma, H.S., Kang, W.S., Oh, K.W., Park, S.H and Lee, S.J. 2010. Analysis of Landslide Characteristics in Jeonlabuk-do, Korea. *Journal of Agriculture & Life Science* 44(4): 9-20.
- Yoo, N.J., Yoon, D.H., Um, J.K., Kim, D.G., and Park, B.S. 2012. Analysis of Rainfall Characteristics and Landslides at The West Side Area of Gangwon Province. *Journal of The Korean Geo-environmental Society* 13(9): 75-82.
- Yune, C.Y., Jun, K.J., Kim, K.S., Kim, G.H., and Lee, S.W. 2010. Analysis of Slope Hazard-Triggering Rainfall Characteristics in Gangwon Province by Database Construction. *Journal of the Korean Geotechnical Society* 26(10): 27-38.