

임도시공경과년수 및 물리적 인자에 따른 성토사면 선형의 변화

최윤호¹⁾ · 이준우²⁾ · 김명준¹⁾

¹⁾충남대학교 대학원 · ²⁾충남대학교 산림자원학과

Transformation of Forest Road Fill-slope Alignment by Elapsed Years and Physical Properties

Choi, Yeon Ho¹⁾, Lee, Joon Woo²⁾ and Kim, Myeong Jun¹⁾

¹⁾Graduate school, Chungnam National University

²⁾Department of Forest Resources, Chungnam National University

ABSTRACT

This study was carried out to analyze the effects of elapsed years and physical properties on fill-slope alignment of forest road. For the study, 21 forest roads in Puyó-gun and Asan-shi of Chungchungnam-do were selected and fifteen factors that might influence on fill-slope alignment were analyzed.

The major forms of alignment of the fill-slope in the time of construction were concave and compound. But, with the elapsed years, the concave and compound forms have decreased and linear and convex forms have increased. And fill-slope alignment was strongly related with fill-slope distance, fill-slope gradient and ground gradient among the physical properties.

Key words : *Elapsed years, Fill-slope alignment, Forest road*

I . 서론

1968년 최초 임도가 시공된 이후 임도는 임업인들의 산림접근성을 향상시켜 임업기계화와 현대화를 촉진시켰을 뿐만 아니라 비전문인인 국민들에게 산림의 효용과 가치를 인식시켜 주는 긍정적인 역할을 하고 있다. 또한 산림청에서는 임도의 효과를 최대화하기 위해서 산지개발의 기본임도밀도를 10m/ha로 정하고 2030년까지 모두 개설을 목표로 하고 있다(산림청, 1999). 하지만 기존 임도의 경우 매년 집중강우시 임도의 붕괴로 인해 산림의 훼손은 물론 인

명과 재산의 피해까지 발생하고 있어, 임도에 대한 이미지가 실추되고 있는 실정이다. 이에 친환경적인 임도건설이 사회적인 이슈가 되었으며, 산림청에서도 임도의 신설예산은 6% 감소시킨데 반해 보수비에 대한 예산을 25% 증가시킴으로써 기존 임도에 대한 보수노력을 기울이고 있는 실정이다(한국임업신문사, 2000).

친환경적인 임도건설을 위한 연구는 이미 오래전부터 실시되어 왔는데, 近藤 등(1983)은 임도의 피해를 5가지의 유형으로 보았으며, 이준우(1987)는 임도시공후 사면에서의 침식과 노면침식 현상 등은 임도가 갖고 있는 제기능을

약화시키고, 노선주변과 유역내의 자연환경에 크게 변화를 준다고 하였다. 우보명 등(2000)은 임도의 개설직후의 하절기가 사면의 침식량이 가장 크게 발생하며, 이후에는 크게 감소하므로 개설초기의 사면안정이 중요하다고 하였다.

한편 Burroughs와 King(1989)은 임도개설에 의한 침식의 약 60%가 성토사면에서, 약 25%가 노면에서, 그리고 약 15%가 절토사면과 측구에서 발생한다고 하였으며, 서효원(1998) 및 菊地와 横井(1973)은 convex의 형태에서 linear나 concave의 형태보다 많은 붕괴가 발생하고, convex의 형태에서 붕괴가 발생하여 concave의 형태로 변화한다고 하였다. 즉, 임도의 구조적인 안정은 성토사면의 선형과 밀접한 관계를 갖고 있으며 사면선형을 안정적으로 유지하는 것이 친환경적인 임도건설에 기여를 한다고 할 수 있다. 그러나 기존 임도의 성토사면에 대한 연구는 사면의 침식과 붕괴와 같은 성토사면 시공 후 사후 대책에 관한 연구를 중심으로 이루어져 왔다.

따라서 본 연구는 시공경과년수 및 물리적인 자에 따른 임도성토사면 선형의 변화를 파악하여 성토사면의 안정화에 대한 대책의 수립시에 기초자료를 제공하고자 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 조사지 개황

본 연구는 임도의 시공경과년수와 구조 및 임도인자가 성토사면의 선형에 미치는 영향을 규명하기 위해 충청남도 부여군과 아산시지역의 민유임도 21개소를 조사지로 선정하였다(Fig. 1). 부여군지역은 1987년도부터 1999년까지 시공된 12개 임도, 아산시지역은 1989년부터 1999년까지 시공된 9개소의 임도를 조사하였다.

조사지역의 기상조건을 살펴보면, 1989년부터 1998년까지 아산시의 연평균 기온과 강수량은 12.6℃, 1243.1mm이었으며, 1987년도부터 1998년까지 부여군의 연평균 기온과 강수량은 12.7℃, 1409.6mm이었다(기상청, 1987~1998). 연평균 기온의 경우는 두 지역간의 차이가 거의 없었으나 강수량은 부여지방이 200mm 정도 많은 것으

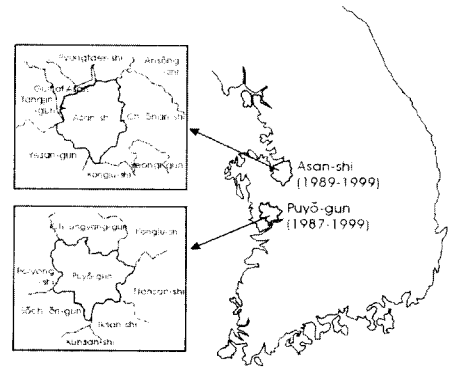


Fig. 1. Location of investigated site.

로 나타났다.

2. 연구방법

(1) 조사항목과 조사방법

임도의 구조인자는 2000년 2~4월에 3차에 걸쳐 조사하였으며, 조사항목은 임도의 구조인자 중 성토사면의 선형에 영향을 줄 것으로 판단되는 물리적 인자 15가지를 조사하였으며, 성토사면의 선형을 정확히 파악하기 위하여 성토사면을 높이 1m마다 세분화한 후 수직높이에 대한 수평거리의 비를 이용하여 세부경사를 측정하였다(Fig. 2). 총 조사측점의 개소는 622개소였다.

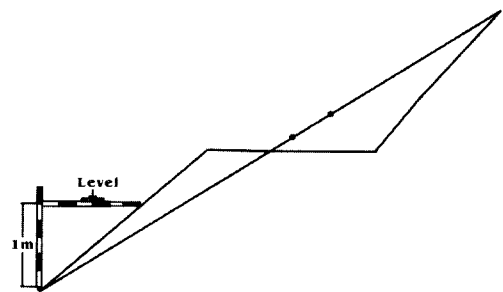


Fig. 2. Measure of detail slope

(2) 분석방법

성토사면의 세부경사를 측정하여 얻은 데이터를 이용하여 성토사면의 선형을 그림 3과 같이 5가지의 형태로 분류한 후, SPSS를 이용하여 시공경과년수에 따른 빈도분석을 실시하였고 물리적 인자와의 상관관계를 분석하였다.

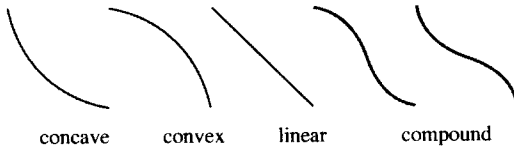


Fig. 3. Classification of fill-slope alignment

Table 1. Change of fill-slope alignment by elapsed years.

Division	Percentage of slope alignment type				
	Constructed year	Convex	Linear	Concave	Compound
Asan-shi	1989	7.7	3.8	61.5	26.9
	1990	15.0	10.0	50.0	25.0
	1992	16.1	0.0	32.3	51.6
	1993	21.2	3.0	33.3	42.4
	1994	16.7	6.7	50.0	26.7
	1995	24.1	17.2	48.3	10.3
	1996	2.9	5.7	45.7	45.7
	1998	23.1	7.7	19.2	50.0
	1999	3.6	21.4	42.9	32.1
	Puyö-gun	1987	30.0	50.0	20.0
1988		7.7	30.8	30.8	30.8
1989		17.9	32.1	35.7	14.3
1990		33.3	11.1	22.2	33.3
1991		23.8	4.8	52.4	19.0
1992		22.6	-	35.5	41.9
1993		27.5	15.7	27.5	29.4
1995		3.8	-	51.9	44.2
1996		36.7	-	30.0	33.3
1997		6.9	10.3	34.5	48.3
1998	10.7	3.6	42.9	42.9	
1999	11.3	6.5	54.8	27.4	

Table 2. Classification of physical properties.

	Fill-slope gradient	Fill-slope distance	Cut-slope gradient	Grade	Cross grade	Altitude	Ground gradient
Abbr. of Property	FG	FD	CG	G	C	A	GG
	Concave		Convex	Compound		Linear	
Abbr. of Property	CC		CV	CP		L	

III. 결과 및 고찰

1. 시공경과년수에 따른 사면선형의 변화

성토사면의 선형을 분류한 후 빈도분석을 실시한 결과, 부여군의 경우 임도의 개설초기에는 concave와 compound의 선형이 빈도가 높았던 것으로 나타났으나 시공경과년수에 따라 그 빈도가 줄어들고 convex나 linear의 형태가 증가하는 것으로 나타났다. 아산시의 경우는 시공경과년수에 상관없이 concave의 형태는 일정한 비율을 유지하였으나 compound의 형태는 점차적으로 감소하였으며 convex나 linear의 형태도 일정한 비율을 유지하여 성토사면의 선형이 시공경과년수에 따라 안정적으로만 변화하지는 않는 것으로 나타났다(Table 1).

2. 물리적 인자와 사면선형의 상관분석

성토사면의 선형은 임도의 물리적 인자에 의해 영향을 받을 것으로 판단되어 물리적 인자와의 상관관계를 규명하기 위하여 성토사면선형의 변화량을 산출한 후, 변화량과 물리적 인자와의 상관분석을 실시하였다(Table 3).

성토사면선형과 물리적 인자와의 상관분석 결과, 성토사면의 선형에 영향을 미치는 인자로는 성토사면의 길이와 성토사면경사, 원지반경사 등이었으며, 부여군의 경우는 성토사면길이 길수록 linear의 형태가 줄어들었고 compound의 형태가 증가하였다. 또한 아산시의 경우는 성토사면길이 길수록 concave의 형태가 줄어들었으며 compound의 형태가 증가하는 것으로 나타났다.

본 연구에서 성토사면선형이 성토사면장과

Table 3. Correlation of coefficient fill-slope alignment with physical properties.

Puyô-gun	CP	CC	CV	L	G	C	FD	CG	A	FG	GG
CP	1.000										
CC	0.262	1.000									
CV	-0.439	-0.585*	1.000								
L	-0.762**	-0.555	0.112	1.000							
G	-0.050	-0.274	0.019	0.233	1.000						
C	-0.084	-0.252	0.375	-0.152	-0.266	1.000					
FD	0.590	0.257	0.057	-0.748**	-0.258	0.003	1.000				
CG	-0.143	0.330	0.112	-0.196	-0.183	0.088	0.057	1.000			
A	0.217	0.509	-0.104	-0.492	-0.780**	0.439	0.202	0.560	1.000		
FG	0.475	0.215	0.013	-0.584*	-0.250	0.428	0.643*	0.260	0.430	1.000	
GG	0.358	0.378	0.145	-0.696**	-0.339	0.033	0.686*	0.532	0.378	0.607*	1.000

Asan-shi	CP	CC	CV	L	G	C	FD	CG	A	FG	GG
CP	1.000										
CC	-0.716*	1.000									
CV	-0.105	-0.463	1.000								
L	-0.576	-0.161	-0.120	1.000							
G	-0.367	-0.224	-0.722*	-0.293	1.000						
C	-0.648	-0.518	0.227	0.092	-0.159	1.000					
FD	0.821*	-0.782*	0.058	-0.292	-0.025	0.003	1.000				
CG	-0.143	0.262	-0.175	-0.556	0.461	-0.717*	-0.161	1.000			
A	0.125	0.247	-0.001	-0.696*	-0.013	0.218	-0.037	0.460	1.000		
FG	0.180	0.133	-0.411	-0.557	0.387	0.159	0.012	0.227	0.859**	1.000	
GG	0.404	-0.064	-0.053	-0.628**	0.090	0.147	0.245	0.228	0.447	0.147	1.000

* : 0.01 < Significance < 0.05, ** : Significance < 0.01

성토사면경사, 원지반경사를 제외한 물리적 인자의 영향을 거의 받지 않은 것은 환경인자인 강수와 토질역학적인 측면을 배제한 때문인 것으로 사료된다. 하지만 성토사면의 길이가 길수록, 성토사면 및 원지반의 경사가 급할수록 성토사면선형의 변화가 빠르게 진행되고 있으며 불안정한 선형이 증가하는 것을 알 수 있었다.

3. 성토사면 선형의 안정화 대책

이상의 연구결과 성토사면의 선형이 시공경과년수에 따라 불안정한 선형이 증가하고 있음을 알 수 있었다. 또한 임도의 물리적 인자에 의해 성토사면의 선형이 영향을 받는 것을 알 수 있는데 임도의 시설위치인 우리나라의 산림이 매우 복잡·다양하므로 성토사면의 선형이

불안정할 수 있는 지역에 대한 보완책이 필요할 것으로 판단된다. 특히 임도개설 초기에 사면의 침식 및 붕괴현상이 많이 발생하기 때문에 초기 침식에 대한 대책이 절실하다고 할 수 있다(Burroughs와 King, 1989; 정도현, 1995; 우보명 등, 2000; 오재만, 1990).

(1) 성토사면경사의 완화를 통한 선형의 안정화

성토사면의 안정화를 위해 가장 좋은 방법은 성토사면의 경사를 줄이는 방법이다(荻贈, 1973).

그림 4는 토사지의 경우 성토면 경사를 줄이는 방법으로 ①은 성토면 하단부에 옹벽을 설치하는 방법이다. 시공비가 높다는 단점이 있으나 가장 견고한 방법이며, 임도시공단비가 증가하고 있는 추세이기 때문에 인명이나 재산

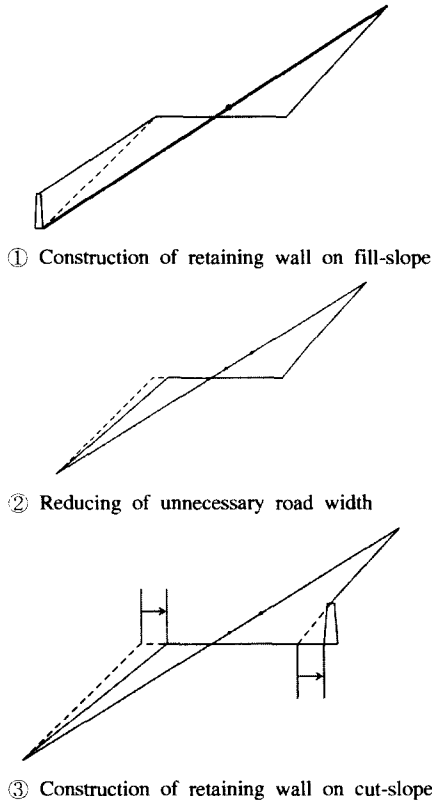


Fig. 4. Method of reduction fill-slope gradient.

상의 피해가 우려되는 지역은 시공이 고려될 수 있는 방법이다. ②의 방법은 임도의 노폭을 줄임으로 인해 경사를 줄이는 방법으로 본 연구대상지가 민유임도임에도 불구하고 상대적으로 경사가 급한 산복부의 경우 노폭평균이 약 5.3m로 과도하게 시공되어 있었다. 따라서 적정노폭을 유지하는 방법도 경사의 완화효과를 가져올 수 있을 것이다. ③은 절토면의 하단부에 옹벽을 설치하는 방법으로 암석지보다는 토사지역에서 옹벽을 설치함으로써 측구쪽의 노폭확대를 통해 성토사면의 경사를 줄이는 효과를 볼 수 있다.

(2) 구조물과 식생공을 이용한 성토사면선형의 안정화

기존의 편책시공은 주로 성토사면의 상부에 치중되어 왔다. 따라서 그림 5에서 보는 바와

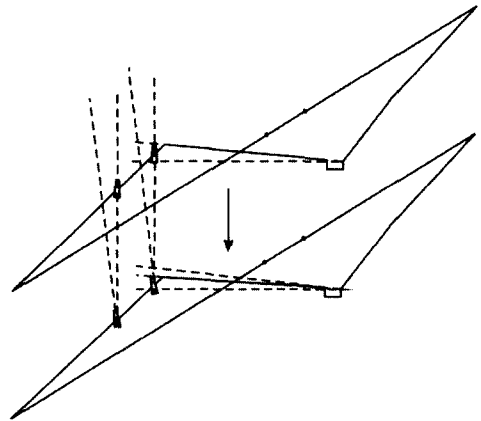


Fig. 5. Wicker work of existing forest road.

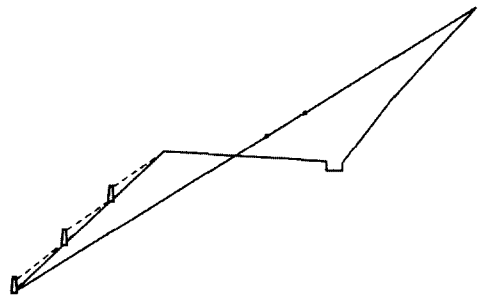


Fig. 6. Alteration of wicker work location.

마찬가지로 노체의 침하현상으로 인해 편책이 뒤로 밀리거나 파괴되는 현상이 발생한다. 따라서 그림 6에서 보는 바와 마찬가지로 편책의 위치가 성토사면의 하단부까지 확대되어야 한다.

식생공은 성토사면의 안정화를 촉진시키는 공법으로 시설임도 모두 임도의 완공시에 사면의 녹화를 위한 시공이 실시되고 있다. 하지만 공사기간 중 절·성토사면이 짧게는 3~4개월 길게는 6개월 이상동안 나지로 노출되어 있기 때문에 경관상 좋지 않을 뿐만 아니라 임도의 시공 중에 사면의 붕괴도 종종 발생하기도 한다. 따라서 차후 임도의 시공시에는 임도의 공기(工期)를 한달 또는 일정한 기간으로 나누어 공기가 완료되었을 때 각각의 구간에 대해 1차 사면녹화작업을 실시하고 차후 임도의 완공시에 2차 녹화작업을 실시하는 것이 사면의 안정과 녹화에 보다 효과적일 것으로 사료된다.

IV. 결론

이 연구는 충청남도 부여군와 아산시의 민유 임도 21개소를 대상으로 시공경과년수 및 임도의 물리적 인자에 따른 성토사면선형의 변화를 파악하여 친환경적인 임도건설에 필요한 기초 자료를 제공코자 실시되었다.

시공경과년수에 따른 사면의 선형변화를 규명한 결과, 시공경과년수에 따라 사면의 선형이 빈도분석이나 추이분석시에는 불안정한 사면형이 증가하는 것으로 나타났다.

성토사면의 선형에 영향을 미치는 인자로는 성토사면의 길이와 성토사면경사, 원지반경사 등이었으며 부여군의 경우는 성토사면길이가 길수록 linear의 형태가 줄어들었으며 compound의 형태가 증가하였다. 또한 아산시의 경우는 성토사면길이가 길수록 concave의 형태가 줄어들었으며 compound의 형태가 증가하는 것으로 나타났다. 기존의 연구에서도 사면의 구조적인 안정에 사면의 길이가 영향을 미치는 것으로 연구되었으므로 차후 임도의 시공시 성토사면의 길이에 대한 규정도 강화하여야 할 것으로 판단되며 동시에 사면길이가 긴 지역에 대한 보완책도 필요할 것이다.

성토사면의 안정화 대책으로는 구조물과 임도 시설규정의 변경을 통하여 성토사면의 경사를 줄이는 방법이 있다. 또한 성토사면선형을 안정화하기 위해서는 편책 등의 구조물을 이용한 방법이 있으며, 초기 침식에 대한 안정정의 확보를 위해서 식생공을 공사시와 완공시로 나누어 2차례 이상 시공하는 것이 바람직할 것이다.

참고 문헌

- 기상청. 1987~1998. 기상연보.
 산림청. 1999. 임업통계연보. 29 : 204-205.
 서효원. 1998. 실무자를 위한 사면공의 시공노하우. 탐구문화사. 227쪽.
 오재만. 1990. 임도사면 붕괴에 관한 연구. 강원대학교 석사학위논문. 24쪽.
 우보명 · 최형태 · 이승현. 2000. 임도개설후 경과년수에 따른 임도 성토비탈의 토사침식 특성. 한국환경복원녹화학회지 3(1) : 1-9.
 이준우. 1987. 임도에 있어서 절취사면의 안정성 분석에 관한 연구. 서울대학교 석사학위논문. 43쪽.
 정도현. 1995. 신설임도의 초기침식량에 관한 연구. 한국임학회지 84(3) : 319-332.
 한국임업신문사. 2000. 한국임업신문. 제167호 : 14.
 菊地政奉 · 横井正美. 1973. 林道の法面崩壊に關する研究(1)-調査方法及びその實態について-. 林道研究會論文集 8 : 91-98.
 近藤惠市 · 岩川洽 · 神利男. 1983. 林道災害に關する研究(II)-昭和57年10号, 19号台風による被害. 日本林學會大會發表論文集 94 : 707-708.
 荻贈恒博. 1978. 林道の盛土勾配. 治山林道研究會論文集 13 : 56-63.
 Borroughs, E. R. Jr. and J. G. King. 1989. Reduction of soil erosion on forest roads. USDA Forest Research 264 : 1-21.

接受 2000年 5月 25日