

林道斜面の崩壊에 관한 研究

吳 在 萬* · 全 槿 雨**

A Study on Landslide in the Slope of the Forest Road

Jae-Man Oh* · Kun-Woo Chun**

Summary

This study was conducted to find out the suitable gradient and length of the slope from the landslide of banking slope and cutting slope caused by rainfall.

The survey was carried out on forest road built in 1986. And the period of survey was from June, 1989 to August, 1989 after dividing the forest road into A and B. The survey plots consisted of the 12 banking slopes and 6 cutting slopes.

The results obtained from the study were summarized as follows;

1. The rate of landslide appeared 75% in A forest road, 50% in B forest road, and then the average 67% in A and B forest road. But the value of landslide showed considerably low.
2. Because of landslide chiefly occurring on banking slope of $36^{\circ} \sim 38^{\circ}$ and on cutting slope of $42^{\circ} \sim 43^{\circ}$, it is suitable to decide the banking slope and cutting slope below each 36° and 40° .
3. Landslide was the same on banking slopes through the length of slope. The best suitable length of slope is below 4m in cutting slope.

I. 諸 言

오늘날의 林業은 生産性 향상을 목표로 한 集約的 林業經營이 요구되고 있으며, 勞動生産性 향상, 安全作業 · 機械化 · 雇傭安全등의 과제를 안고 있다. 더우기 최근에는 森林의 資源化, 公益的 機能의 증대, 山村地域의 진

흥면에서도 山地의 이용도가 증대되고 있으며 이로 인한 林道開設의 필요성이 대두되고 있다.

그러나 우리나라의 林道密度는 1987年末 현재 $0.15\text{m/ha}^{\text{①}}$ 에 지나지 않아 林業先進國의 林道사정(서독 $30 \sim 35\text{m/ha}$, 스위스 $30 \sim 50\text{m/ha}$, 오스트리아 12.7m/ha , 캐나다 10.6m/ha ,

*江原大學校大學院 林學科 博士課程 Dept. of Forestry, Graduate School, Kangweon Nat'l. Univ.

**江原大學校 林科大學 林學科 助教授 Dept. of Forestry, College of Forestry, Kangweon Nat'l. Univ.

日本 3.8m/ha)에 비하여 매우 빈약한 실정에 놓여 있다. 따라서 山林廳에서는 2030년까지 10m/ha를 목표로 장기계획을 세워 놓고 있으나 우리나라와 같이 急傾斜地에 林道를 開設할 경우에는 切・盛土斜面的 물매가 급해질 뿐만 아니라 斜面길어도 길어지게 된다. 이와같은 斜面은 降雨, 霜柱, 바람등의 기상 재해에 의해 다량의 斜面崩壞가 발생하여 林道路體가 파괴될 뿐만 아니라 주변環境에도 나쁜 영향을 미치고 있다.

또한 林道開設에 의해 형성된 人工斜面에 는 자연상태하에서 植生이 침입하기 까지 장기간이 소요되므로 裸地상태로 방치되는 경우가 많으며, 이 기간에 降水등에 의해 集中的으로 斜面浸蝕이 발생하고 있다. 따라서 이 전부터 林道開設에 의해 조성된 切・盛土斜面에 있어서의 浸蝕과 堆積에 대한 연구가 진행되어 왔다. 그러나 대부분이 模型實驗을 중심으로 한 것이며, 自然狀態에서 발생되고 있는 現상을 模型化하기에는 여러가지 制限을 받기 때문에 現장을 중심으로 한 浸蝕機構의 定量的인 분석이 부분적으로 진행되고 있으나 아직 충분하다고는 할 수 없다. 斜面의 崩壞를 야기시키는 요인에는 降雨因子, 土壤因子, 斜面길이 및 물매(傾斜度)등이 있으며, 이에 관한 연구논문이 발표되고 있다. 즉 降雨의 運動 Energy와 崩壞^{1, 10)} 降雨強度와 崩壞^{2, 3, 4, 8, 11, 16)} 表面 流下水量과 崩壞^{6, 7, 9)} 土質과 崩壞¹⁷⁾ 등이 있다.

본 연구는 林道開設에 따른 斜面被害를 최소화하기 위한 기초적 연구로 開設 후 4년이 경과한 林道를 대상으로 하여 斜面물매 및 길이에 따른 浸蝕 및 堆積의 變化과정을 추적하므로써 林道開設로 인한 斜面浸蝕을 최소화할 수 있는 적정 물매 및 斜面길이의 결

정에 기초가 되는 자료를 제공함을 목적으로 실시하였다.

II. 材料 및 方法

1. 調査地 概況

본 연구의 調査對象 林道는 京畿道 加平郡 北面 所法里 山 103番地에 위치한다. 1986년에 개설된 본 임도는 延長 2km, 幅 4m의 2級 林道로 流域面積은 300ha, 標高는 250m에서 320m에 걸쳐 분포하여 總起伏量은 70m이며, 土壤은 土壤群으로서 褐色 森林土壤(B)이었다. 여기서 調査對象 林道중 北東斜面과 北西斜面에 위치하는 林道를 편의상 A, B로 구분하여 조사를 실시하였다. (Fig. 1)

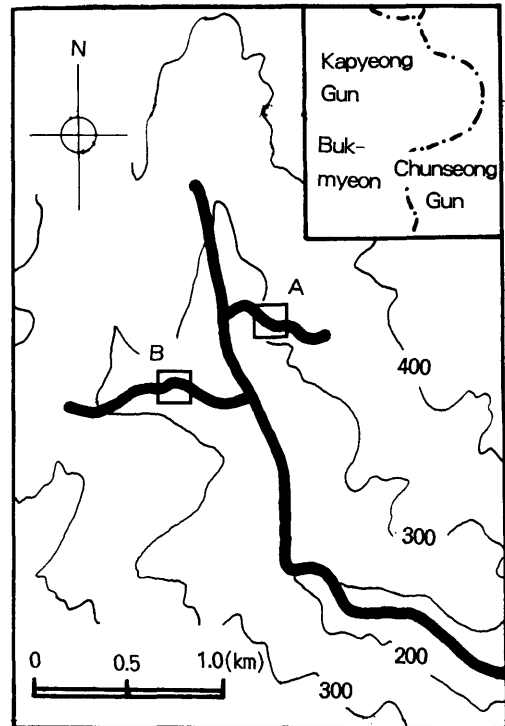


Fig. 1. Location of forest roads investigated.

A林道에서는 切土斜面 4개소와 盛土斜面

8개소등 총 12개소에 걸쳐 측정구역을 정했으며, B林道에서는 切土斜面 4개소, 盛土斜面 2개소등 총 6개소에서 측정을 실시하였다.

각 斜면의 被覆狀態는 A, B林道の 切土斜面은 대부분이 불량하였으며, 盛土斜面도 A林道の 3번 斜면과 B林道の 1번 斜面(被覆率 75%)을 제외한 전斜面이 불량한 상태였다. 조사지의 일반적인 개황은 Table 1.에 나타냈다.

Table 1. General discriptions of the slope of forest roads investigated.

Slope No.	Gradient (°)	Mean hardness(mm)	Length of slope(m)	Area(m ²)	Kind of slope
A-1	34	3	4.0	41.2	BS
A-2	42	3	6.5	60.3	CS
A-3	38	8	10.0	137.7	BS
A-4	43	9	6.0	35.7	CS
A-5	38	12	25.0	487.5	BS
A-6	42	7	4.3	89.1	CS
A-7	36	6	22.0	272.8	BS
A-8	38	6	9.0	67.2	BS
A-9	38	7	13.0	185.7	BS
A-10	37	5	11.2	181.5	BS
A-11	36	9	12.7	203.9	BS
A-12	31	7	5.8	146.6	CS
B-1	39	9	10.5	233.6	BS
B-2	31	8	5.3	46.7	CS
B-3	38	14	2.0	30.7	CS
B-4	43	15	4.0	39.5	CS
B-5	35	14	7.5	65.7	BS
B-6	32	14	5.0	56.1	CS

B.S : Banking Slope

C.S : Cutting Slope

2. 研究方法

A 및 B林道에 총 18개소에 걸쳐 1989年 6월부터 8월까지 斜面變動을 측정하였다.

각 測定斜面에는 면적의 비율에 따라 6개에서 2개의 測定木을 설치하여 그 지점을 대표시켰으며, 測定木에는 측정기준이 되는 기준선을 표시한 후 지표면과 일치시켰다(Fig. 2, photo 1, 2).

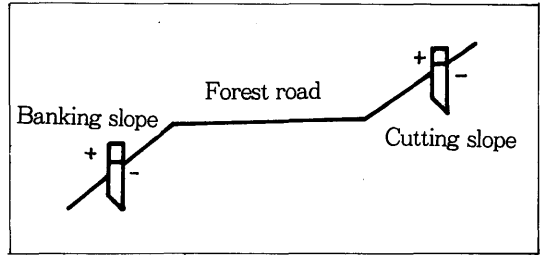


Fig. 2. Method of measurement by a stake

(+ : Deposit - : Scour)



Photo 1. Banking Slope

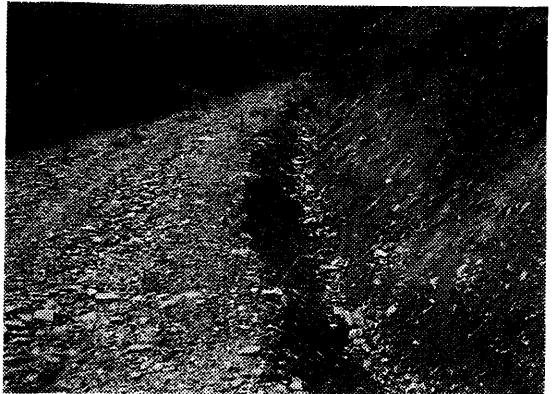


Photo 2. Cutting Slope

斜面の 土砂移動量은 測定木의 기준선을 기본으로 하여 浸蝕深과 堆積高를 측정하여 이들의 평균치를 구한 후 사면의 평면적을 곱하였다. 또한 測定木이 유실되었거나 부정확한 지점에서는 寫眞撮影을 참고로 하여 분석하였다.

測定에서 실시한 조사항목은 다음과 같다.

1) 傾斜度(GRAIDENT): 각 斜面の 물매를 Clinometer를 이용하여 측정하였으며, 단위는 (°)이다.

2) 土壤硬度(HARDNESS): 山中式 土壤硬度計(soil hardness tester)로 각 測定木의 설치 개소를 측정하였으며, 단위는 mm이다.

3) 斜面길이(LENGTH OF SLOPE): 斜面 평균길이를 기준으로 하였으며, 단위는 m이다.

4) 斜面面積(AREA): 일정한 간격으로 斜面 길이와 斜面幅을 測定한 후 現地寫眞을 참고로 하여 $S=1/200$ 로 작성하였다. 면적계산은 Disital式 Planimeter를 사용하였다.

Ⅲ. 結果 및 考察

1. 林道斜面的 崩壞發生 實態

본 연구의 조사대상인 A, B 林道の 崩壞發生率을 살펴보면 A 林道는 조사지 12개소 중 9개소에서 崩壞가 발생하여 崩壞發生率은 75%였으며, B林道の 경우는 조사지 6개소 중 3개소에서 崩壞가 발생하여 崩壞發生率이 50%였다. 그러나 B林道の 조사지에 설치한 16개의 測定木 중에서 浸蝕이 관측된 경우는 없었으며, 3개의 測定木에서 0.5~1.5cm 堆積만이 관측되었다. 이를 조사지 전체로 환산해보면 평균 0.3~0.5cm가 堆積하였으므로 대규모의 崩壞가 발생했다고는 할 수 없다. 이들 斜面浸蝕의 주된 發生原因인 降雨중에서 浸蝕

에 영향을 끼칠 수 있는 20mm 이상의 日降雨量과 6,7,8月の 月降雨量은 Table 2, 3과 같다.

Table 2. Data of rainfall.

No.	Rainfall Data 1989 year	Volume of rainfall(mm)
1	June 4	46.5
2	June 8	37.0
3	June 14	36.1
4	July 1	21.1
5	July 8	23.5
6	July 11	38.3
7	July 16	29.6
8	July 20	75.2
9	July 24	108.7
10	July 25	75.7
11	July 27	49.1
12	July 28	59.1
13	July 29	20.0
14	August 12	31.3
15	August 20	32.8
16	August 21	35.9
17	August 29	66.4

Table 3. The amount of rainfall of each month in 1989.

Month	Amount of rainfall(mm)	Frequency of rainfall(day)
6	129.7	7
7	530.2	13
8	190.8	7

또한 崩壞發生을 盛土斜面과 切土斜面별로 살펴보면 盛土斜面에서는 A, B林道の 10개소

중 6개소에서 발생하여 崩壞發生率이 60%였으며, 切土斜面은 8개소 중 6개소에서 발생하여 75%의 崩壞發生率을 나타냈다. 따라서 전체적으로는 총 18개소중 12개소에서 崩壞가 발생하여 67%의 崩壞發生率을 나타내 소규모의 崩壞가 부분적으로 발생하고 있음을 알 수 있다. 崩壞發生率은 다음과 같은 방법으로 구하였다.

$$\text{즉, } P_c(\%) = \frac{N_b}{N_a} \times 100$$

여기서, P_c : 崩壞發生率
 N_a : 全體調査地數
 N_b : 崩壞發生地數

이다.

林道斜面에서 발생되고 있는 崩壞는 面狀 浸蝕보다는 斜面에 流路를 형성하는 淚溝浸蝕에 의해 영향을 받고 있는 것을 관찰할 수 있었다. 이상의 현상에 의해 각 斜面에서 발생한 浸蝕과 堆積量을 Table 4와 같다. Table 4에서 알 수 있듯이 林道斜面的 측정별, 형태별 특성에 따라 소규모이지만 浸蝕과 堆積이 다양하게 발생하고 있음을 알 수 있다.

Table 4. Landslide around each stake in the slope.

Slope No.	Landslide(cm)			Number of stake
A-1	+2.5	+2.0		2
A-2	-3.0	-13.0		2
A-3	+1.8	+1.5		4
	-5.2	+1.6		
A-4	-7.0	-3.0		2
A-5	+2.5	-3.0	0.0	6
	-2.0	+2.0	-3.0	
A-6	+3.0	+2.0	+2.5	3
A-7	-6.5	+1.0	+2.5	5
	+2.0	0.0		

A-8	+10.0	0.0		2
A-9	0.0	0.0		4
	-0.5	0.0		
A-10	-2.0	-5.0		4
	+2.0	0.0		
A-11	0.0	0.0		4
	+3.5	0.0		
A-12	0.0	0.0		2
B-1	0.0	0.0		4
	0.0	0.0		
B-2	0.0	0.0	+1.0	3
B-3	0.0	0.0		2
B-4	0.0	+0.5		2
B-5	0.0	0.0		2
B-6	0.0	0.0	+1.5	3

+: Deposit - : Scour

2. 林道斜面 물매와 浸蝕

林道斜面的 물매는 植生の 자연침식과 降水에 의한 斜面變動에 커다란 영향을 미치므로 현장에서 발생하고 있는 浸蝕 및 堆積狀況을 조사하여 적정 물매를 찾아내는 것은 林道斜面的 보호와 施工에 중요과제라 할 수 있다. 본 조사지의 각 斜面的 傾斜度는 Table 1에서와 같이 盛土斜面은 34°~39°, 切土斜面은 31°~43°에 分布되어 있다.

각 斜面에 있어서 傾斜度에 따른 斜面變動量的 측정 결과를 Fig. 3에 나타냈다. 측정결과 대부분의 崩壞가 盛土斜面인 경우는 36°~38°에서 집중적으로 발생하였다. 따라서 본 구간에서의 盛土斜面的 崩壞限界를 36°라 할 수 있으며, 盛土斜面的 分布度가 가장 많은 38°의 경우에는 전 測定木에 斜面變動이 발생한 점으로 보아 林道の 盛土斜面的 물매는 36°를 넘지 않는 것이 바람직하다고 생각된다. 또한 切土斜面에 있어서는 42°~43°에서 발생빈도 및 규모가 주로 분포하였고 31, 32°의 경우는 극히 낮았으므로 崩壞限界를 42°로 보아도 될 것이다. 특히 切土斜面的 경우는 斜面的 土壤硬度가 높아 자연상태하에서

는 植生の 침입이 곤란하므로 裸地의 상태에서의 浸蝕面의 보전을 강구하여야 할 것이다.

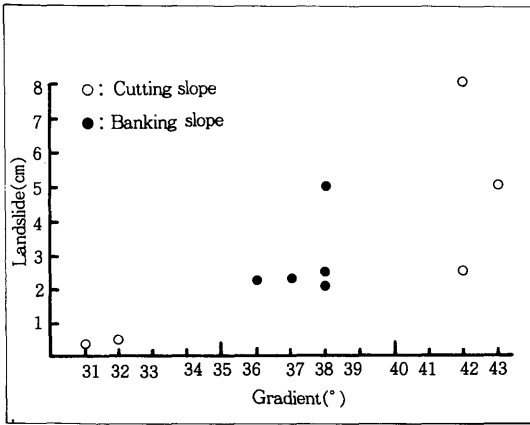


Fig. 3. Landslide caused by the gradient.

이상의 측정결과를 분석하면, 본 지역에서의 盛土斜面은 36° 이내, 切土斜面은 41° 이내로 設計・開設하는 것이 적절하다고 생각된다. 이는 中尾^{12, 13, 14, 15}의 연구결과인 切土斜面의 安全傾斜도와도 일치한다.

3. 林道 斜面길이의 浸蝕

조사구간의 斜面길이의 분포도는 盛土斜面에서는 4.0~25.0m였으며, 切土斜面은 2.0~6.5m이었다. Fig. 6에 林道 斜面길이에 따른 崩

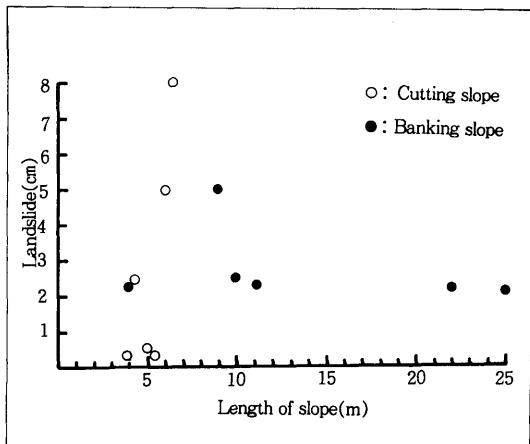


Fig. 4. Landslide caused by the length of slope.

壞상황을 圖示하였으며, 이를 기초로 분석한 결과 盛土斜面은 崩壞가 斜面길이에 관계없이 거의 일정한 값(2.5cm 전후)을 나타내었다. 그러나 切土斜面에서는 분포도가 적지만 斜面길이의 증가에 따라서 큰 증가를 보여 盛土斜面과는 대조적인 결과를 나타냈다. 즉 盛土斜面의 경우 裸地의 상태에서는 斜面길이에 상관없이 浸蝕이 발생하고 있었다. 이는 斜面길이가 斜面崩壞에 영향을 미치지 않는 다기 보다는 被覆이 되지 않으면 斜面길이에 상관없이 침식이 발생할 수 있음을 의미한다. 환언하면 盛土斜面의 피해를 줄이기 위해서는 斜面에 적당한 被覆을 하는 것이 선결과제이다. 이에 비해 切土斜面은 일반적으로 斜面물매의 조절에 따라 斜面길이를 비교적 조절하기 용이하므로 본 조사지에서도 6m이하로 조성되어 있었다. 따라서 切土斜面의 길이는 盛土斜面길이에 비해 상대적으로 浸蝕에 대한 유의성을 검증하기 어려웠으나 측정결과 본 조사지의 切土斜面이 4~6m에서 崩壞가 발생하였으므로, 4m 以下로 切土斜面을 施工하는 것이 적절하다고 생각된다. 이는 中尾¹² 논문의 결과와도 일치한다.

IV. 摘 要

본 연구는 林道開設에 의해 조성되는 盛土斜面과 切土斜面에 대해 降雨등에 의한 崩壞를 斜面물매와 길이의 차이에 따라 조사하여, 林道斜面 유지에 적절한 물매와 斜面길이를 규명하는데 목적을 두었다. 조사기간중에 集中豪雨가 없어 대규모의 浸蝕과 堆積은 발생하지 않았으나 금번의 測定결과를 분석하면 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. A, B林道斜面에서의 崩壞發生率은 각각

75%, 50%로 나타났으며, 전체적으로는 67%의 붕괴發生率을 보여 被覆이 안된 裸地狀態에서는 상당한 區域에서 土砂移動이 발생하였다.

2. 斜面물매에 따른 붕괴는 盛土斜面에서는 36°~38°, 切土斜面은 42°~43°에서 주로 발생하였다. 따라서 盛土斜面은 36°이하로, 切土斜面은 42°이하로 斜面을 조성하는 것이 바람직하다.

3. 斜面길이에 따른 붕괴는 盛土斜面은 被覆되지 않은 곳에서는 어떤 경우에도 붕괴가 발생하였으므로 斜面被覆이 선결과제이며, 切土斜面에서는 사면길이를 4m이하로 施工하는 것이 바람직하다.

引用文獻

1. 芦田和男, 奥村武信, 田中健二(1974): 斜面浸蝕に關する實驗的研究, 京大防災研究年報 16(B), 449~470.
2. C. W. Thornthwaite(1937): Microclimatic studies in Oklahoma and Ohio, Science.
3. Ellison, W.D.(1945): Some effects of raindrops and surface-flow on soil erosion and infiltration, Trans. A. G. U., Vol. 26-3, 415-429.
4. 江崎 次夫(1984): 林道のり面の保全に關する研究, 愛媛大演習林報告 21: 4~52.
5. 山林廳(1987): 올해의 山林施策解説, 12~13.
6. Gradner, W. and C.W. Lauritzen(1946): As a function of the size of the irrigating stream and the slope of the eroding surface, Soil Sic., Vol. 62, 233-242.
7. Horton, R. E.(1939): Analysis of runoff-plat experiments with varying infiltration-capacity, Trans. A.G.U., Vol. 20, 693-711.
8. 岩壇雄一, 土屋義人(1956): 水滴による地面浸蝕に關する二, 三の實驗, 土木學會論文集 35, 55~63.
9. 田中 武(1948): 急斜面の土壤浸蝕の機構について, 土木學會志 33(4), 4~11.
10. 上飯坂實(1953): 林道の破壞防止に關する研究, 岩手大農學部報告 1, 256~259.
11. 三原義秋(1951): 雨適と土壤侵蝕, 農業技術研究所報告 A1, 1~59.
12. 森田雄一, 中尾博美(1974): 切取法面の崩壞(II), 九大演習林集報 25, 55~72.
13. 森田雄一, 中尾博美(1974): 切取法面の崩壞(IV), 日本林學會九州支部研究論文集 27, 221~222.
14. 中尾博美, 森田雄一(1972): 切取法面の崩壞(I), 第83回 林學會大會講演集, 416~418.
15. 中尾博美, 森田雄一(1973): 切取法面の崩壞(V), 日林林學會九州支部研究論文集 26, 237~238.
16. Neal, J. H.(1938): Effect of degree of slope and rainfall characteristics on runoff and soil erosion, Agr. Eng., Vol. 19, 213-217.
17. 高野 秀夫(1983): 斜面と防災, 築地書館, 8~11.
18. 禹保命, 李峻雨(1987): 林道切取斜面的植物被覆도에 미치는 因子들의 影響, 서울大 演習林報告書 23, 49~50.