韓國林學會誌 76(3) : 193 - 199. 1987
Jour. Korean For. Soc. 76(3) : 193-199. 1987

山岳地 林道施設을 위한 岩石穿孔 作業量의 豫測[1]

馬 相 圭[2]

Estimation of Rock Drilling Work Size for Mountain Forest Road Construction[1]

Sang Kyu Ma[2]

要 約

林道施工豫定地의 천공목파에 따른 作業量과 事業費의 간이예측방법을 탐구하여 林道設計의 一般指針으로 활용하도록 하였다. 양양군 현남면 일대의 화강편마암지대에서 임도 5 km를 11個 싸이클로 구분하여 20 m 측점단위별 산지경사를 조사하고 각 싸이클별 作業時間 材料量 및 人力을 調査하였다. 分析結果에 의하면 山地傾斜 70% 以上인 斜面의 出現比率과 천공작업길이와의 상관성이 높아 이를 指標로 하여 作業量을 推定하였다. 천공길이총량을 추정할 수 있으면 공기압축기 稼動時間 착암人夫數 및 所要화약량은 높은 상관성을 가지고 예측할 수 있다. 분석된 調査結果를 기초자료로 하여 山地傾斜에 따른 착암량과 이에 소요되는 기계 인력 및 재료량 추정치를 表 5와 같이 제시를 한다.

ABSTRACT

Simple estimating method of rock drilling and blasting work size is necessary to apply as a guidance of general road plan and a cost analysis of mountain forest road construction.

For this work study, 11 cycles were divided in 5km route at Hyeonnammeon Yangyang-gun and the mountain slope at every 20m interval was measured. During working days all kind of works concerned on drilling and blasting was investigated in every cycle.

Depending on the simple work study results it's work size can bef estimated with high correlation between drilling length in meter and frequency percentage of mountain slope more than 70%.

With total drilling length known the machinery hours, drillers and explosive quantily can be estimated by the regression with high correlation.

Estimation of drilling and blasting work by mountain slope gradient in road route is proposed like table 5 with estimating value of machinery hour, drillers and explosive in granite gneiss region.

*Key words : forest road, drilling and blasting.

---

[1] 接受 6月 19日 Received on June 19, 1987.

[2] 林業機械訓練院 Forest Work Training Center, Gangneung, Korea

緒 論

林道施工地의 岩石量의 사정은 상당히 어려운 문제가 되고 있다. 表面에 露出된 岩石量의 추정은 용이하나 숨어있는 岩石量의 豫測은 용이한 일이 아니기 때문이다.

經驗이 많은 者는 地表地質, 地形과 林木의 生長 및 樹種分布 등으로 含有比率의 豫測은 可能하나 일선 임업기술자의 실태로 보아 어려운 문제이며, 정확한 추정을 위해서는 時間과 費用이 문제시 되고 있다.

岩石量의 추정은 施工事業費算出에 필요한 것으로 정밀추정과 간이추정 방법을 고려할 수 있다. 林道의 경우 이들 방법들이 제시돼 있지 않아 설계작업시 어려움이 많다. 우선 간이추정방법은 林道路線配置를 위한 計劃樹立과 豫算推定에 必要하고, 現地岩石 測量 결과의 검증에도 적용될 수 있을 것으로 판단되어 간이추정법을 발굴하고저 하였다.

本調査研究의 目的은 암석량의 간이추정방법을 발굴하여 이에 의한 천공폭파사업비 예측에 응용하므로써 一般計劃樹立과 事業費豫測을 신속히 할 수 있는 지침을 마련하는데 있다.

현재까지 천공량은 암석의 종류와 암석량에 의해 판정을 하여 왔었다. 암석의 종류에 따라 천공간격이 상이할 수 있으나 표준적으로 1.5 m 간격이 적용되고 있으며[4] 매 천공당 깊이는 원지반보다 30 cm 깊게 취하는 것이 보통이므로 단위거리당 천공총 길이는 암질에 관계가 없는 것으로 생각할 수 있다.

천공에 소요되는 作業時間 즉 機械稼動時間은 岩石種類에 따라 천공저항계수가 모두 다르므로 화약량 및 人夫數가 다르게 나타나게 된다.

岩石量은 매측점별 山地傾斜度와 岩石含有比率에 의해 측정을 하여 왔으나[4,5] 地表狀態만으로 山地傾斜度別 岩石含有量을 推定하는 것은 용이한 일이 아니므로, 本研究에서는 山地傾斜度別 岩石含有量을 어느정도의 상관성을 갖고 추정할 수 있으며 說明域을 높이기 위한 補正要因은 무엇이 될 수 있는지를 알아보기로 한 것이다.

岩石種類別 單位時間當 천공작업량의 측정치는 이미 조사가 많이 되어 있다. 예를들면 ;

함머식 착암기를 사용하여 넷트직경 30 mm로 1 m 천공시 소요되는 시간은[4] ;

- 대단히 야문암석 1 ～1.6時/m
- 야문암석 0.5～1.0時/m
- 보통암석 0.3～0.5時/m
- 연한암석 0.2～0.3時/m

착암기 1대를 사용한 1시간당 천공깊이의 예[1] ;

- 풍화암 8.2 m/hr.
- 연 암 6.8 m/hr.
- 보통암 6.0 m/hr.
- 경 암 4.5 m/hr.

표준암에 대한 천공대상암석의 저항계수로 표시한 예[4] ;

- 화강암, 편마암 1.0
- 硬화강 0.75
- 硬사암, 硬粘版岩 0.95
- 사암 1.35
- 安山岩 1.15
- 石灰岩 1.25
- 粘板岩 1.40
- 凝灰岩 1.50

岩石의 강도에 따른 岩石類型의 구분 사례[1,5] ;

- 경암류 : 섬장암, 반암, 화강암, 편마암, 현무암
- 보통암류 : 안산암, 사암, 석회암, 백운암
- 연암류 : 연한사암, 석회암

천공작업에 所要되는 時間은 압축기의 空氣壓과 롯드길이 및 빗트의 직경에 따라 다르게되나 화강암을 표준으로 하였을시의 천공시간 추정식으로[4] ;

$T = a(C_1 \times C_2) \times D$ 이 있다.

여기서,

T = 천공속도(cm/min)

C_1 = 화강암에 대한 천공대상암석의 저항계수 (전술)

C_2 = 암석의 상태에 의한 작업조건계수(割目이 없는 것을 1.0으로 하였을시 안산암과 화강암 및 현무암 등 화성암류 0.85, 풍화된 화강암 0.60, 토사와 비슷한 파쇄대가 있는 경우 0.50과 같음)

D = 화강암의 천공속도(55 cm/min)

a = 純천공시간이 차지하는 비율(표준치 0.65)

건설품셈표와 같이 母岩파쇄 1시간당 작업량(m^3/hr)으로 機械作業時間을 추정하는 방법도 있다.[1]

사용하는 빗트직경에 따라 작업시간에 차이가 있다. 그 直徑이 27 ; 33 ; 36 ; 39 ; 42와 45 mm가 있을시 30 mm를 1.0으로 한 경우 소요시간비는 0.8 ; 1.2 ; 1.45 ; 1.7 ; 1.95 및 2.35배에 해당되기도 한다.[2,3]

岩石量을 정확히 추정한다면 기존자료와 방법에 의해 기계작업시간 추정이 가능하나 실제 적용시 상당치 복잡한 현실에 직면하게 된다. 林道施工時 岩石의 크기와 風化狀態가 다양하고 深層의 岩質狀態判別도 용이하지 않기 때문이다.

화약량의 추정도 최소저항거리와 폭약 및 암질에 따른 계수도 다르게 나타나고 있으며[4] 정부건설품셈표에 의하면 터파기와 암석절취에 따라 폭약소요량도 다르게 나타나고 있다. 林道施工時 대부분 암석절취뿐이나 부분적으로 터파기가 있기 때문에 적용시 어려움이 따르고 있다.

정부품셈표에 의하면 m^3 당 암석절취시 폭약 소요량은 풍화암 0.08 kg, 연암 0.12 kg, 보통암 0.16 kg, 경암 0.20 kg 으로 제시되고 있으나 풍화암이나 연암은 실제 발파효과가 낮아 경암보다 폭약소요량이 많이 나타나는 것이 현장의 실정이다.[15]

따라서 林道用 간이추정방법을 탐구하는 것은 土木分野에 지식이 부족한 林業技術者들이 적용하기에 편리하고 오히려 오차도 감소시킬 수 있을 것으로 판단되어 本硏究에서는 새로운 각도에서 암석천공량의 사정과 이에 상응한 작업량, 기계가동시간 및 人夫소요량을 탐구하였다.

本硏究를 위해 자료수집에 수고한 임업기계훈련원 김동수, 윤종국, 유상복씨에 감사를 드린다.

材料 및 方法

林道施工時 岩石量 豫測의 指標는 地形과 表層地質 및 地域因子가 적합한 것으로 판단되어 강원도 양양군 현남면의 화강편마암 地帶에서 地域狀態 等을 참조하여 全地域을 11個 小區域으로 區分한 후 이를 싸이클(cycle)로 하였다.

매 싸이클별로 20 m 측점간격으로 山地傾斜(0 點에서 산정과 산록방향의 경사)를 5% 간격으로 측량하고 경사별 출현빈도를 算定하였다.

일반적으로 山地傾斜가 급할수록 岩石含有確率이 높아가므로 山地傾斜 65% 以上에서의 狀態別 출현비를 보니 表 1과 같았다.

매 싸이클별로 천공폭파에 관계되는 機械稼動時間 材料量 및 所要人力을 실측하였다.

암석천공작업은 부락청년을 선발하여 2人1組로 작업을 실행하였으나 能率은 正常作業에 미치지 못한 80~90%정도이었다.

소형압축기와 착암기를 이용하고 動力源은 68 ps 트렉터를 투입하였다. 착암기와 압축기 사용시간은 트렉타 엔진稼動時間으로 하고 천공깊이는 매 천공시마다 측정을 하였다.

암석은 화강편마암이나 부분적으로 硬質과 軟質이 나타나고 있었으나 이는 誤差로 취급하였다.

화약은 시중에서 판매하는 광산용 다이나마이트를 사용하고 단발2단뇌관을 접속시킨 후 直列結線을 한 후 콘덴서 發破器로 발파하였다.

천공구멍마다의 장약량은 화약기사가 현지 상태별로 유의조정하였다. 화약기사는 폭파량의 다과에 불문하고 월계약으로 고용을 하였다.

천공폭파작업에 소요되는 機械稼動時間과 人力 및 材料 총괄표는 表 2와 같다. 表 1과 2의 資料를 가지고 단순회귀상관 분석을 하였다.

結果 및 考察

화강편마암 地帶에서 山地傾斜狀態別 林道開設에

Table 1. Frequency of different slope gradient by cycle in forest road alignment

Cycle code No	Frequency of slope gradient				
	80% more	75% more	70% more	65% more	Remark
1	25	33	63	63	
2	33	57	62	67	
3	33	40	47	53	
4	25	33	33	33	
5	33	14	19	24	
6	0	0	8	8	
7	6	38	44	56	
8	31	37	43	60	
9	13	17	29	42	
10	0	8	12	20	
11	12	22	39	54	

Table 2. Rock drilling and blasting work size done by cycle when constructing forest road 1km length

Cycle code No	rock drilling				rock blasting		
	Machinery		Length	Drillers	Explosive	Detonators	Blastng times
	Tractor	Cobra					
1	49.3 h	h	294.7 m	40.0 men	163.0 kg	286.7 piece	40.0 time
2	67.1		360.5	38.1	279.8	252.4	54.8
3	61.3		302.2	43.8	178.8	175.0	30.1
4	48.1		94.8	26.0	13.9	90.9	13.0
5	12.2		60.8	14.4	30.3	43.1	8.6
6	26.9		42.7	7.7	28.8	73.1	26.9
7	34.7	25.7	231.2	25.7	144.7	334.4	54.7
8	43.8		162.5	22.0	87.1	184.6	24.8
9	1.8		9.1	4.6	41.9	86.6	25.1
10	25.2	26.5	176.1	22.2	128.7	144.5	27.8
11	2.9	33.2	154.1	17.7	26.1	44.3	11.4

Table 3. Correlation between the frequency of different slope gradient and the length of rock drilling with 11 cycles.

Slope gradient	Simple correlation with total length drilled
more than 80	0.38
75%	0.76
70%	0.76
65%	0.64

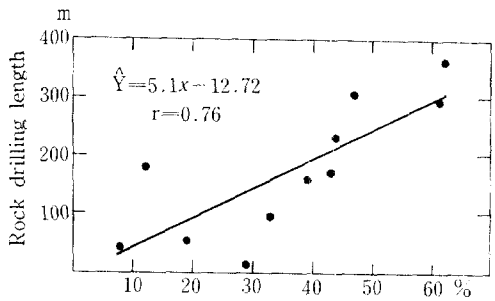

Fig 1. Estimation of rock drilling length by the frequency of mountain slope gradient more than 70%

Table 4. Estimation of rock drilling length per 1km by the frequency of slope gradient more than 70% in mountain forest road alignment

Frequency of slope gradient more than 70%	Drilling length per km calculated
10 %	38 m
20	89
30	140
40	191
50	242
60	293

必要한 천공작업량을 추정할 수 있는지의 여부를 판단하기 위하여 매 싸이클별 山地傾斜 65%, 70%, 75%, 80% 以上의 출현비율과 천공길이와의 상관성을 보니 表 3과 같은 결과를 얻었다.

表 3의 결과에 의하면 單純相關性이 높은 山地傾斜 70% 以上의 出現比率를 천공암석량 추정의 지표로 정하는 것이 적합할 것으로 판단되었다.

이들 관계를 회귀식으로 분석한 바 그림 1과 같으며 說明域은 58% 정도로 비교적 높아 山地傾斜 70% 以上의 출현비율로 천공시켜야할 岩石量의 추정은 가능할 것으로 판단이 된다.

說明域이 58%에 불과한 것은 山地傾斜 70% 이상이면 무조건 암석이 있다는 뜻이 아니고 含有한 확율이 높다는 것을 설명하고 있는 것이다. 따라서 現地調査時 이를 判別하여 補正시켜야 한다.

그림 1의 결과에서 山地傾斜 70% 以上의 出現比率에 의한 천공작업 총길이(岩石量)의 추정은 說明域 58%로 表 4와 같이 제시할 수 있다.

천공시킬 암석량의 과다는 山地傾斜 以外에 地表에 露出된 岩石露出比率에 의해 추정이 가능할 것으로 판단이 되나 이를 객관적으로 표현하기가 어렵고 目測에 의한 推定이 오히려 現實感이 있어 이를 補正要因으로 선정하는 것이 적합한 것으로 사료된다.

補正値는 현지경험에 의해 감정적으로 다음과 같이 제시한다.

補正値는 測點 주위의 可視圈內에 露出岩의 出現狀態에 따라 다음과 같이 補正을 시킨다. 현실천공작업길이는 推定値에 補正値를 가감하여 구한다.

① 露出岩이 드물게 보이는 흙지대 : 0%

② 露出岩이 전혀 보이지 않는 흙지대 : −40%까지

③ 露出岩이 1−2個 보이는 흙지대 : −20%까지

④ 露出岩이 상당히 보이는 흙과 암석 혼합지대 : +20% 까지

⑤ 露出岩이 절벽형태로 나타나는 암석지대가 있을 경우 : +40% 까지

露出岩의 出現比率의 탐구는 매 측점별 山地횡단傾斜 測量時 露出岩의 有無 林木의 生長狀態 等에 의해 비교추정을 하여야 된다. 岩石이 露出되지 않았어도 林木의 마디생장이 불량하면 岩石含有率이 높다는 뜻이 된다. 또는 인근 시공지의 단면을 관찰한 후 비교추정을 하면 더욱 효과적일 것이다.

천공량과 화약소요량의 관계는 그림 2와 같다. 이들 관계는 높은 相關性과 說明域이 있으므로 分析結果는 받아들일 수 있으나 폭파를 위한 화약량이 정상적이었는가를 검토하여야 된다. 화약기사의 작업능률은 岩石의 파쇄정도와 발파된 암편에 의해 주위林木의 피해상태로 評價할 수 있다. 本作業에 참여한 화약기사의 作業能率은 90% 정도로 사정되었다.

반면 발파계수(發破係數)의 사정에 의해 과장약 여부를 검토한 바

식 $L = CW^3$ [4,5]

여기서

L = 폭약량

C = 비례계수(發破係數)

W = 最小抵抗線

W값은 천공길이에 의해 추정이 된다. 本調査에 평균 천공깊이가 1.2 m이었으므로 W값은 1.0로 추정이 된다. 천공당 화약량은 0.65 kg이므로 공직경 30 mm시 천공길이 1 m당 소요 화약량은 0.60 kg[1]에 비해 약간의 과장약이 되었음을 알 수 있었다. 따라서 발파작업능률을 90%로 사정하는데 타당성은 인정된다. 그리고 화강편마암의 발파계수는 0.59(0.65 × 0.9) 정도로 사정하여도 무방할 것으로 사료된다.

그림 2의 결과에 의하면 천공깊이 100 m시 화약소요량은

$\hat{y} = 0.67 \times 100 - 12.57 = 54.43$ kg / 100 m

$\hat{y}$ 0.9 = 48.99 kg / 100 m (作業能率 100%시로 환산값)으로 추정된다.

뇌관소요량은 조사치에 의하면 천공길이 1.2 m당 1개씩이나 안전값을 고려하면 1m당 1개씩으로 추정하면 적합할 것 같다.

천공길이와 기계稼動時間과의 관계를 보면 그림 3과 같은 관계가 있다.

그림 3의 결과에 의하면 相關性과 說明域이 높으므로 추정의 타당성은 인정이 된다. 이는 착암길이에 의해 압축기와 착암기 사용시간의 推定이 가능함을 입증하는 것이다.

천공길이에 의한 착암인부의 所要量은 그림 4의 結果에 의해 推定이 가능하다. 그러나 착암작업의

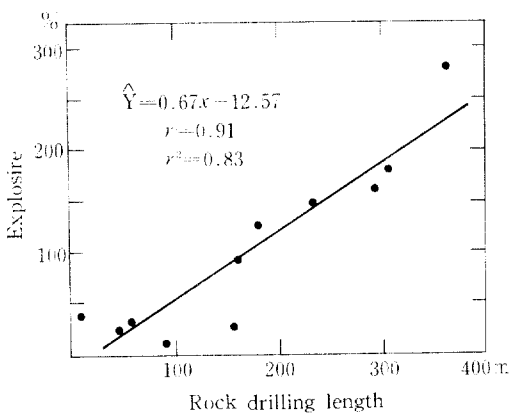

Fig 2. Explosive is estimating by rock drilling length

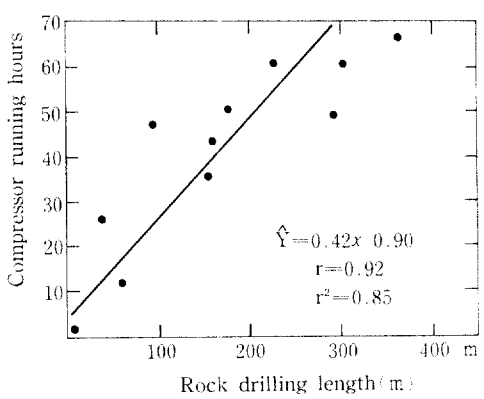

Fig 3. Relation between rock drilling length and compressor running hours

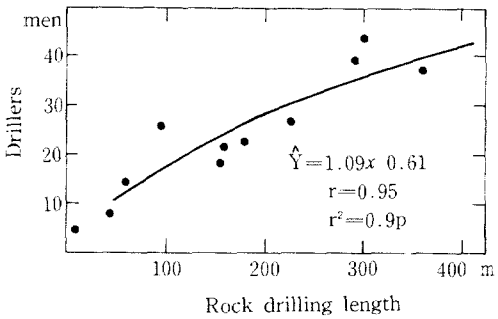

Fig 4. Rock drilling workers can be estimated by rock drilling length

일시간율(日時間率)은 100%가 되지 못하고 여러가지 作業條件에 지배를 받게 된다. 本調査에서 착암 作業日時間率을 조사한 바 1일 作業時間을 8日間으로 하였을 때 실제 機械稼動時間比에 의해 계산한 바 싸이클에 따라 다르나 최소 0.16 최대 0.87로 平均 0.42±0.11 이었다. 계산의 편의상 임도시공시 천공작업의 日時間率을 0.4로 하는 것이 적합할 것 같다. 日作業時間率은 作業工期를 豫測하는데 적용한다.

예를들면, 착암기계 實使用日은 천공작업길이 100 m일시 23.9 시간÷0.4 = 59.75 시간이므로 이를 8시간으로 나누어 주면 7.5 일이 소요되고 作業日數率이 0.6일 경우 工期는 12.5일이 소요됨을 뜻한다.

以上의 결과를 종합하여 화강편마암 지대에서 밀도 1 km 施工時 山地傾斜 70% 以上의 출현비율에 따른 천공 및 폭파에 소요되는 표준 作業量, 材料量 및 機械稼動時間은 表 5와 같이 제시할 수 있다.

단 이 表의 적용시 화약기사는 월별계약에 의하므로 作業工期에 의하여 화약기사의 고용기간을 추정하도록 하고 현실천공작업량의 補正은 補正値를 참조하여 결정하도록 한다.

이 表의 사용은 一般計劃樹立時 事業費推定에 적용할 수 있다. 단 補正値는 조사연구된 후 보완시켜야 할 것이다.

表 5의 적용은 우선 일반계획수립시 所期豫算推定에 적용하도록 하고 세부계획수립시 地質과 地域別로 補正係數를 구하여 적용하면 될 것 같다.

表 5의 사용법을 설명하면,

① 施工豫定地 測點別 山地橫斷傾斜를 경사계로 측정한 후 70% 以上의 출현비율를 算出한다. 예를들어 산지경사 70% 이상인 사면이 30% 出現되었다고 가정을 하자.

② 山地에 露出된 岩石狀態로 보아 補正値로 30% 추가(이 경우 補正係數는 1.3이 된다)가 필요하였다고 하자.

③ 表 5를 적용한 바 천공하여야할 길이는 총 150 m가 되나 여기에 보정계수를 곱하면 다음과 같이 195 m가 된다(150 m × 1.3 = 195 m).

④ 착암기계시간, 착암작업人夫, 화약소요량은 表 5의 수치에 補正係數 1.3을 곱하여 계산을 한다.

Compressor의 가동시간은 44.9時/195 m이고, 所要實作業日數는 총가동시간 44.9時間÷0.4÷8=14.03日이 된다. 作業地域의 作業日數率이 0.6이면 作業工期는 14.03÷0.6 = 23.39日間이 된다.

⑤ 착암人力은 20.6인 × 1.3 = 26.78로서 약 27인/195 m가 소요되고 화약량은 102.44 kg 늑 103 kg이 소요된다.

以上과 같은 요령에 의하면 山地傾斜 70% 以上의 出現比가 30%인 화강편마암 지대에서의 천공폭파작업량을 예를들어 추정하면 다음과 같다.

- 총 착암량 추정값늑 195 m

Table 5. Estimation of drilling and blasting work size per km by the frequency of slope gradient more than 70% in granite gneiss region

Frequency of slope gradient more than 70%	Estimated quantity				
	Drilling length	Machinery hours for compressor	Drilling workers	Explosive demand	Detonator
10	50 m	12.8 h	10.5 men	18.5 kg	50 piece
20	100	23.9	16.1	48.6	100
30	150	34.5	20.6	78.8	150
40	200	44.8	24.5	109.0	200
50	250	54.8	28.0	139.1	250
60	300	64.5	31.3	169.3	300

- Compressor 와 착암기 가동시간≒ 45時間
- 착암부≒ 27인
- 화약기사≒ 1인/월
- 화약량≒ 103kg
- 뇌관소요량= 195개
- 實作業日數≒ 15 일
- 作業工期≒ 24일

이와같이 기후권과 암석종류를 알게되면 表 5 와 같은 계산지침표에 의거 간편하게 임도설계 중 천공폭파 작업량과 작업 계획을 사정할 수 있다.

結　　論

화강편마암지대에서 임도 1km 시공이 예상되는 岩石穿孔作業量은 山地傾斜 70% 이상의 出現比와 높은 相關性이 인정되므로 이를 指標로 하여 作業量을 豫測할 수 있다. 이는 表層地質의 種類別로 山地傾斜度에 의해 穿孔作業量의 推定이 可能함을 예시하는 것이다. 따라서 指標性이 객관적이고 判別이 용이한 地形因子에 의거 천공작업량 예측은 可能한 것으로 판단이 되므로 林道測量과 設計를 간편화 시킬 수 있을 것이다.

화강편마암 지대에서 林道施工時 예상천공량과 補正係數 및 천공량에 따른 人夫 機械(천공기와 압축기) 稼動時間 材料量의 推定指針表를 表 5와 같이 提示한다. 이와같은 방법은 林道 一般計劃樹立時 또는 施工設計時 활용될 수 있을 것이다.

引 用 文 獻

1. 韓國理工學社. 1983. 改訂 增補 標準품셈(土木部門). 4-5 12-41.
2. Hafner, F. 1971. Forstlicher Strassen-und wegebau. "Oster, Agraverlay Wien, 200-215.
3. Kirgis, L. 1961. Tiefbau-Taschenbach. 13. Aufl., Franckn, Stuttgart
4. 金仁植, 鄭榮秋. 1982. 土木施工學 建設研究社. 40-52.
5. 金熙植. 1978. 土木施工學 및 建設機械明社.
6. Pestal, E. 1979. New Methods of Rock Drilling in Austria. FAO Forestry Paper 14. 73-77.
7. Sedlak, O. 1979. Detailed Planning of Forest Roads in Practice. FAO Forestry Paper 14. 53-67.