

林道設計用 土量換算表의 製作¹

馬 相 圭²

Construction of Exchange Table of Earth Quantity for Forest Road Plan¹

Sang Kyu Ma²

要 約

山岳地 林道設計의 時間과 人力을 절약하는 방법의 일환으로 土量을 간편하게 算出하는 方法을 강구하였다.

이 方法을 적용하는 理論的 背景으로 0線測量法의 導入과 2/3 切土路幅概念 및 切土量 = 盛土量概念導入의 타당성을 제시하고 이와같은 原理들을 山岳地林道施工에 적용한다는 전제하에 삼각함수법을 적용하여 土量換算表를 表 3 과 4 와 같이 제작하였다.

表 3 은 路幅을 0.5 m 팔약으로 區分하여 시공지 경사도별로 切土量을 推定한 것이고, 表 4 는 現地에서 切土幅을 측정하여 切土量을 算出하는데 적용하는 換算係數表이다.

同表 등을 적용하면 土量計算을 위한 現地測量과 內業時間은 단축시킬 수 있을 것이다.

ABSTRACT

A new simple method to estimate the earth quantity which is basic data for making the plan of mountain forest road is tried to develop as one of ways to reduce time cost of plan making.

The zero-line surveying method, the concept of 2/3 road width in cut-away part and of same quantity between cut-away and fill-up earth which are the backgrounds to develop this method is introduced and explained also it's theoretical propriety.

Under the precondition which have to apply above concepts for constructing the mountain forest road the exchange table for estimating the earth quantity is made like table 3 and 4 through being calculated by a trigonometric function.

Table 3 can be used to estimate the earth quantity on the cut-away road-width according to slope of terrain and different road-width, and table 4 can be applied to calculate the quantity of cut-away earth when to know the road-width of cut-away.

When using these tables the performance of field surveying and office work for road plan will be highly increased.

¹ 接受 8月 20日 Received on August 20, 1987.

² 林業機械訓練院 Forest Work Training Center, Gangnung, Kwangwondo, Korea

緒 論

林道施工豫定地の 土量計算의 目的은 切取費와 運搬費 算出을 目的으로 하고 있다. 人力에 의해 切土와 盛土를 하여 왔던 이전 방법은 人件費 관계로 精密土量計算을 必要로 하였으나, 重裝備를 投入할 경우 1回 作業時 土量移動量이 많기 때문에 精밀 계산의 필요성은 낮아지고 대신 土量算出을 위한 作業時間과 그 費用을 줄이는 것이 합리적인 것으로 알려져 있다.

林道設計時에 土量算出은 重裝備投入費를 推定하는데 있고, 그 方法으로는 1時間當 施工距離에 의한 方法과 施工土量을 算出한 후 施工地條件別 1時間當 重裝備作業量을 추정하여 裝備稼働時間을 계산하는 方法이 있다.

우리나라의 경우 아직 施工地條件別 1時間當 施工距離의 추정 方法이 정부출세표에 도입이 되지 않은 상태이며 현실적으로 이 方法을 적용할 단계에 있지 않으므로 부득이 土量을 산출한 후 重裝備 作業時間을 推定하는 方法을 적용할 수밖에 없는 실정이다.

本研究에서는 林道施工豫定地에서 土量을 신속하게 산출할 수 있는 方法을 제시하여 上記와 같은 문제점을 해소시키는 것을 목적으로 하고 있다.

切土와 盛土量의 간이 추정 方法은 이미 Hafner³⁾에 의해 제시된 바 있으나 이를 우리의 실정에 맞게 개량시키고 동시에 새로운 方法을 탐구하였다.

同研究에 서울大 大學院 정도현군의 도움이 컸었다.

研 究 方 法

山岳地 林道施工을 위한 몇가지 理論的 背景을 체계화시키고 이와 같은 배경하에서의 土量算出을 위한 換算表를 製作하였다.

1. 0線測量法の 導入

0線이란 切土와 盛土의 경계선이며 林道施工을 위한 計劃高 측 從屬傾斜를 뜻한다. 公道設計에서는 中央線測量方法이 적용되어 왔으나 先進 林業國에서는 0線測量方法이 적용되어 왔다.^{1,2,3,4)}

林道施工史가 짧은 우리나라에서는 아직도 0線測量概念이 보편화되어 있지 않고 公道設計를 위한 測

量法을 그대로 적용하고 있다.

中央線測量法이란 切土幅=盛土幅의 개념하에서 측량하는 方法으로 傾斜가 급한 山岳地에 적용시에는 施工費가 많이 들 소지가 높으나 0線測量法은 切土量=盛土量의 개념하에서 측량하는 方法으로 施工費가 낮고 道路의 安全性을 높이는 장점을 갖고 있다.

林道施工地는 대부분 傾斜가 급한 山岳地라는 점과 交通量이 적고 走行速度가 낮을 수 밖에 없는 산악지 조건 때문에 高價道路를 施設할 특별할 이유가 없으므로 今後 林道設計時 0線測量概念을 導入시키어야 하고 이러한 前題下에 本研究를 실시하였다.

2. 短區間에서 山地傾斜는 直線斜面

횡단측량을 하게 되는 이유는 施工地의 횡단면이 불규칙하다는 가정하에 실행 되는 것이나, 측정별 횡단면의 형상이 모두 같다면 이는 단순작업의 반복이 된다.

山岳地에서 林道施工을 위한 횡단면의 斜面길이는 보통 10~15m가 대부분이다. 이와 같은 단거리에서도 各測點別 局所地形이 凸凹型과 直線型이 나타날 수 있으나 全體적으로 보아 凸凹地型은 同一比率로 나타나고 있으므로 이를 直線으로 간주하여도 全體土量을 산출하는데 있어서는 誤差가 문제되지 않을 것이므로 林道施工地의 短距離 斜面은 直線型으로 간주하여도 된다고 사료된다.

임도측량시 횡단측량의 목적이 각 측정별 토량을 합산한 全土量을 측정하는데 있으므로 각 측정별 土誤差는 全體적으로 보아 상쇄될 수 있기 때문에 施工上 큰 문제점은 없게 될 것이다.

3. 車幅의 2/3 切土幅 概念

林道가 붕괴된 후에도 긴급 통과할 수 있는 路幅이 施工된다면 林道利用效率이 높아지고 유지보수비를 절감시킬 수 있게 된다. 어떠한 災害에서도 차량이 긴급하게 통과할 수 있는 路幅이 남아 있으면 復舊 또한 용이하게 될 것이다.

切土路幅은 어떠한 災害를 당하여도 최종적으로 남아있게 되므로 林道設計와 施工시 이를 고려하지 않을 수 없으나 어느정도 크기로 남겨야 하는 것은 결국 設計車種에 의해 결정될 수 밖에 없게 된다.

國產車의 輪距를 보면;

4.5 t 북서 1.73 m(軸間 3.46 m)

8 t 카고트럭	2.0 m (軸間 5.65 m)
12 t 카고트럭	2.2 m (軸間 7.2 m)
8 t 덤프	1.96 m (軸間 4.24 m)
10.5 t 덤프	2.2 m (軸間 3.6 m)

일반적으로 8 t 카고트럭은 山村 부락까지 주행되고 있으므로 林道用 設計車種으로 8 t 트럭을 기준으로 하는 것이 農·山村의 道路 여건상 타당할 것 같아 이를 설계차종으로 선정하고자 한다.

설계기준차량의 타이어接地幅은 輪距에 0.2m를 가한 2.2m가 되고, 林道の 最小標準路幅은 이 값에 경험치상 최소안전주행폭 0.35 m⁴⁾, V型側溝幅 0.5 m, 길섶幅 0.5 m를 가한 3.5 m가 되고 있다. 林道の 最小有效路幅은 타이어接地幅 2.2m에 최소안전주행폭 0.35 m를 가한 2.55 m가 되어야 한다. 이는 全路幅 중 약 2.6 m는 切土面이 되어야 林道の 盛土面이 流失된 후에도 설계차량 통행이 가능하게 됨을 뜻한다.

林道の 타이어接地幅 2.2或와 最小標準路幅 3.5 m간에는 2/3切土面概念이 成立될 수 있다. 林道の 安全度를 유지시키기 위하여서는 路幅 2.2m는 최소한 切土面上의 道路로 남아있도록 2/3切土面概念을 導入시키는 것이 林道の 安全을 위해서 必要하다.

4. 標準路幅의 設定

林道設計의 용이성과 기술발달의 촉진의 수단으로 林道路幅은 標準化시킬 필요가 있다. 前述한 바와 같이 林道の 最少標準路幅으로 3.5 m를 제한한 바 있으나 設計速度의 增大에 따라 路幅도 비례하여 增大되게 된다. 일반문헌⁴⁾에 나타난 有效路幅의 安全값 1.3~1.5를 적용하여 設計速度別로 계산된 실제의 有效로폭과 적용의 편의성 때문에 제시한 標準有效路幅을 提示하면 다음과 같다.

設計速度別	實有效路幅	標準有效路幅	全路幅
最少速度	2.55 m	2.5 m	3.5 m
20 km/h	2.89	3.0	4.0
30 km/h	3.08	3.0	4.0
40 km/h	3.30	3.5	4.5

全路幅은 標準有效路幅에 길섶幅을 合計한 것이고 土量計算을 위해서는 全路幅에 側溝幅을 合計한 施工路幅을 적용하게 된다.

V型 側溝를 施設할 경우에는 側溝쪽에 路體保護를 위한 길섶幅 0.5 m는 불필요하게 되어 前述한 全路幅이 施工幅이 된다. 만일 사다리형 또는 만일

형 측구를 설계할 경우 全路幅에 側溝幅을 合計한 施工幅을 적용하여 土量換算을 하여야 된다.

曲線부에 있어서는 設計車種의 軸길이와 조향각에 의해 擴幅量이 결정이 된다. 축길이 5 m 이상이 되는 8 t 카고트럭이 안전하게 통과할 수 있는 曲線部の 幅을 다음 식에 의해 구한다.

$$\epsilon = \frac{14}{r}^{(4)}$$

여기서 ϵ = 擴幅量(m)

r = 曲線半徑(m)

14 = 安全값을 고려한 축길이 5 m 이상의 대형트럭 화폭량 결정 계수

林道路幅은 擴幅量 이외에도 局所地形의 凹凸狀態에 따라 施工과정에서 擴幅이 되는 경우와 2/3切土面 概念의 導入에 따른 계곡부(凹型斜面)의 擴幅 및 最少曲線半徑 유지를 위해 부득이 擴幅地가 나타나기도 한다. 차량통행과 관련이 없는 擴幅地는 集村場과 대피소등으로 이용이 될 수 있으므로 각 측정별 路幅이 同一할 수는 없게 된다.

측량시 각 측정별 노폭결정방법으로 0.5 m 팔각에 의한 것과 실제값에 의한 방법이 있다. 前者에 의한 방법은 3.5m (3.25~3.74m), 4.0m (3.75~4.24 m), ... 와 같이 現場의 地形狀態와 中央線의 曲線半徑을 고려하여 判별을 하고 후자의 경우는 外業시 중앙점을 설정하면서 직접측정을 한다.

5. 切土量 = 盛土量概念

林道施工費를 最少化시키는 수단은 土量運搬量을 最少化시키는 일이 될 것이다. 林道는 山岳地에 造成되는 것이므로 山地地形과 路幅의 특성상 盛土量을 멀리서 운반시킨다는 것은 대단히 고가의 도를 시공한다는 뜻이므로 盛土地點 부근에서 切土된 土量을 공급시켜야 경제적인 임도시공이 될 수 있다. 다만 風致상의 문제가 있을 경우에는 예외가 될 수도 있다.

林道設計에 있어서는 林道와 山地가 갖고 있는 특성상 切土量 = 盛土量概念을 導入시켜 시공시 切土量으로 盛土量을 채우는 경제적 시공방법을 채택하는 것이 합리적인 방법이 된다.

6. 切·盛土斜面의 물매(傾斜)의 標準化

切土斜面의 물매는 흙지대 1:1, 岩石地帶 1:0.2로 되어 표준화되어 있으나 풍화암지대에는 1:0.5

를 제안하며 그 이유는 山岳地에서 흙과 암석의 중간형태인 풍화암 출현이 높기 때문이다.

반면 盛土斜面的 물매는 公道의 경우 盛土材料나 盛土高에 따라 1 : 1.5 (67%) ~ 1 : 2.0 (50%) 까지 제시되고 있으나 山岳地 林道에서는 경험상 과대치로 나타나고 있다.

盛土斜面的 물매에 한해서는 山岳地 盛土물매를 조사하여 제안한 Hafner³⁾ 氏의 案인 1 : 1 ½ (75%)를 標準물매도 설정하는 것이 타당할 것으로 판단이 되어 이를 적용하고자 한다.

7. 土量換算法 製作方法

前述한 바와 같은 林道施工原則下에 土量을 算出하고자 할 때에 三角函數法에 의해 土量換算表 製作이 可能하게 된다.

土量換算表는 0.5 m 팔약에 의한 간이 환산표와 切土路幅의 測定에 의한 精밀 추정표로 區分하여 제작하였다.

三角函數法을 적용하기 위한 기본도를 작성하면 그림 1과 같다. 여기서 三角型의 內角은 山地傾斜와 施工指針에 의해 모두 주어져 있는 것이다.

그림 1에서

α角 : 山地傾斜度의 測量에 의해 구하게 될 값
β와 γ角 : 標準화된 切土와 盛土傾斜(물매)에 의해 주어진 값

A : 切土路幅의 길이 1 m 시의 體積

B : 盛土路幅의 길이 1 m 시의 體積

여기서 알고자 하는 것은 A 값이고, B 값은 토양교란 후 진압된 體積으로 A 값보다 6%의 體積이 증대된 상태로 盛土되어 있는 값이 된다. 고로 다음과

같은 式이 成立이 된다.

$$B = 1.06 A$$

路幅 0.5 m 팔약으로 製作된 表는 全施工路幅을 1 m로 하였을시 切土路幅의 값을 a 값으로 환산한 것이고, 切土路幅은 직접 측량하여 土量을 換算시키는 表의 製作은 a = 1로 하여 三角函數法을 적용시킨 것이다.

結果 및 考察

1. 0.5 m 팔약표에 의한 土量換算表 製作

가. 切土路幅比率(a 값)의 計算

盛土體積(B)과 切土體積(A)과는 다음과 같은 관계가 成立되었다.

$$B = 1.06 A \dots\dots\dots ①$$

①式을 만족시키기 위하여 a 값을 구하여야 되며 다음과 같은 방법을 적용하였다.

①式을 만족시키기 위하여

$$1.06 a \cdot c = (1-a)e \dots\dots\dots ②$$

여기서

$$c = b \sin(180 - \beta) \dots\dots\dots ③$$

$$e = d \sin(180 - \gamma) \dots\dots\dots ④$$

b와 d 값을 구하자면

$$\frac{b}{\sin \alpha} = \frac{a}{\sin(\beta - \alpha)} \text{ 이므로 } b = \frac{a \sin \alpha}{\sin(\beta - \alpha)} \dots\dots\dots ⑤$$

$$\frac{d}{\sin r} = \frac{1-a}{\sin(r - \alpha)} \text{ 이므로 } d = \frac{(1-a) \sin \alpha}{\sin(r - \alpha)} \dots\dots\dots ⑥$$

⑤를 ③에 代入하면

$$c = \frac{a \sin \alpha \cdot \sin(180 - \beta)}{\sin(\beta - \alpha)} \dots\dots\dots ⑦$$

⑥을 ④에 代入하면

$$e = \frac{(1-a) \sin \alpha \cdot \sin(180 - \gamma)}{\sin(r - \alpha)} \dots\dots\dots ⑧$$

⑦과 ⑧을 ②에 代入하여 이항하면

$$\left(\frac{a}{1-a}\right)^2 = \frac{\sin(\beta - \alpha) \sin(180 - \gamma)}{1.06 \sin(r - \alpha) \sin(180 - \beta)} = K^2 \dots\dots\dots ⑨$$

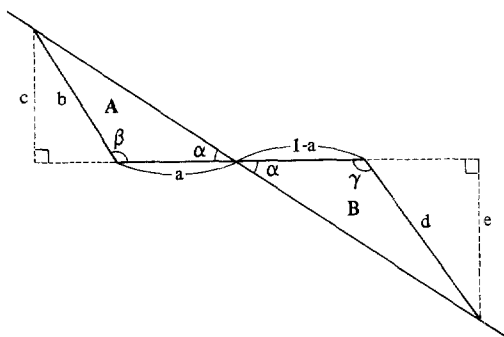


Fig. 1. Basic diagram to apply a trigonometrical function for calculating the earth quantity cut away (A) and filled up (B).

여기서

$$\frac{a}{1-a} = K \text{라 하면}$$

$$a = \frac{K}{K+1} \dots\dots\dots ⑩$$

⑨에서 K 값을 구하여 ⑩에 代入하면

$$a = \frac{\sqrt{\frac{\sin(\beta-2) \cdot \sin(180-r)}{1.06 \sin(r-a) \cdot \sin(180-\beta)}}}{\sqrt{\frac{\sin(\beta-\alpha) \cdot \sin(180-r)}{1.06 \sin(r-\alpha) \cdot \sin(180-\beta)}} + 1}$$

여기서

α 값은 山地傾斜로서 측정별로 현지에서 측량을 하여 구하게 된다.

β 값은 흙지대, 암석지대, 연암지대에 따라 표준화되어 있는 값이며, r 값은 盛土斜面的 표준화된 물매값이 된다.

여기서 α 값을 5% 간격으로 제시하면 a 값을 구할 수 있고 이와 같은 方法에 의해 計算된 切土路幅比率(a)은 表 1과 같다.

나. 土量換算表의 製作

土量換算表에는 設計車種의 다이어接地幅만큼의 切土幅이 포함되어 있어야 하는 원칙이 있으므로 2/3 切土概念을 먼저 고려하여 주게 된다. 즉 2.2 m라는 최소 切土路幅이 있어야 하는 조건을 만족시켜 주어야 한다.

切土路幅 2.2 m를 고정시키게 되면 設計路幅 4.5 m 이하에서는 盛土路幅이 이에 따라 증대되게 되는데 그 이유는 切土量=盛土量 개념을 만족시켜 주

Table 1. Ratio of road-width cut-away to total road-width.

Slope of terrain in %	Backslope		
	1 : 0.2	1 : 0.5	1 : 1
5	—	—	0.4949
10	—	—	0.4974
15	—	—	0.5003
20	—	—	0.5036
25	—	—	0.5074
30	—	—	0.5120
35	0.5619	0.5471	0.5174
40	0.5769	0.5598	0.5241
45	0.5943	0.5748	0.5325
50	0.6148	0.5930	0.5433
55	0.6396	0.6156	0.5579
60	0.6708	0.6450	0.5787
65	0.7127	0.6860	0.6114
70	0.7772	0.7521	0.6733
75	1.0000	1.0000	1.0000

어야 하기 때문이다.

計算例를 보면 表 1에서 山地傾斜(물매) 5%시의 切土路幅比(a 값)은 0.4949이었다. 여기서 2/3 切土概念을 만족시키기 위해서 切土路幅 2.2m가 이미 주어져 있고 여기에 切土量=盛土量의 概念을 만족되도록 하려면 盛土路幅은 2.25 m가 되어 全施工路幅은 4.25 m가 되게 된다. 만일 設計路幅을 3.5 m로 하면 실제 施工된 路幅은 4.25 m가 되고 당초 設計幅보다 0.75 m가 늘어나게 된다.

이와 같은 현상은 山地傾斜가 급할수록 감소하게 되고 設計路幅을 4.5 m 이상으로 계획할 경우에는 없어지게 된다.

Table 2. Road-width cut-away (C.A) and filled-up (F.U) in hard rock area and surplus road-width (S.R.).

Back slope 1 : 0.2
Fill slope 1 : 4/3

Slope of terrain in %	Total road-width in m								
	3.5			4.0		4.5		5.0	
	C.A.	F.U	S.R.	C.A	F.U	C.A	F.U	C.A	F.U
35	2.2	1.3	0.49	2.2	1.8	2.47	2.03	2.75	2.25
40	2.2	1.3	0.39	2.3	1.7	2.54	1.96	2.83	2.17
45	2.2	1.3	0.27	2.3	1.7	2.62	1.88	2.91	2.09
50	2.2	1.3	0.14	2.4	1.6	2.71	1.79	3.02	1.98
55	2.2	1.3	0	2.5	1.5	2.83	1.67	3.14	1.86
60	2.3	1.2	0	2.6	1.4	2.97	1.53	3.30	1.70
65	2.5	1.0	0	2.8	1.2	3.16	1.34	3.51	1.49
70	2.7	0.8	0	3.1	0.9	3.46	1.04	3.84	1.16
80	3.5	0	0	4.0	0	4.50	0	5.00	0

Table 3. Road-width cut-away (C.A) and filled-up (F.U) in soft rock and semiweathered rock area and road-width (S.R).

Backslope 1 : 0.5
 Fillslope 1 : 4/3

Slope of terrain in %	Total road-width in m									
	3.5			4.0			4.5		5.0	
	C.A	F.U	S.R	C.A	F.U	S.R	C.A	F.U	C.A	F.U
35	2.2	1.3	0.65	2.2	1.8	0.06	2.44	2.06	2.70	2.30
40	2.2	1.3	0.56	2.2	1.8	0	2.49	2.01	2.77	2.23
45	2.2	1.3	0.47	2.3	1.7	0	2.56	1.94	2.84	2.16
50	2.2	1.3	0.37	2.4	1.6	0	2.64	1.86	2.93	2.07
55	2.2	1.3	0.25	2.4	1.6	0	2.74	1.76	3.05	1.95
60	2.2	1.3	0.11	2.6	1.4	0	2.87	1.63	3.19	1.81
65	2.4	1.1	0	2.7	1.3	0	3.6	1.44	3.40	1.60
70	2.6	0.9	0	3.0	1.0	0	3.36	1.14	3.74	1.26
75	3.5	0	0	4.0	0	0	4.5	0	5.0	0
80	3.5	0	0	4.0	0	0	4.5	0	5.0	0

결론적으로 施工地 山地傾斜가 급할수록 切土幅은 증가되고 林道의 安全性이 또한 증가되나 반면 盛土된 土量과 切土面의 安定을 위한 문제점은 많아지게 된다.

以上과 같은 計算要領에 의해 施工地의 山地傾斜度別 切土와 盛土幅은 施工地 土壤條件別(岩石地帶, 風化岩과 軟岩地帶 및 흙地帶)로 表 5, 6, 7과 같이 계산이 된다. 上記 表에서 設計路幅이 좁을수록 여유폭이 발생되는데 이는 設計車種 때문이다.

切土路幅이 구하여지면 三角函數法에 의한 切土와 盛土地의 斷面積이 구하여지고 單位거리당 體積을 계산하면 表 3-1, 3-2, 3-3과 같다. 이들 表는 각각 岩石地帶, 風化岩, 軟岩地帶 및 흙地帶에 있어서의 土量換算表가 된다. 이들 表는 0.5m 팔약으로 제작하여 간략하게 土量을 算出할 수 있도록 하였다.

盛土量의 推定은 切土量에 계수 1.06을 곱하여 구하면 되므로 總切土量을 구하면 重裝備使用時間

Table 4. Road-width cut-away (C.A) and filled-up (F.U) in earth area and surplus road-width (S.R).

Backslope 1 : 1
 Fillslope 1 : 4/3

Slope of terrain in %	Total road-width in m									
	3.5			4.0			4.5		5.0	
	C.A	F.U	S.R	C.A	F.U	S.R	C.A	F.U	C.A	F.U
5	2.2	1.3	0.95	2.2	1.8	0.45	2.23	2.27	2.47	2.53
10	2.2	1.3	0.92	2.2	1.8	0.42	2.24	2.26	2.49	2.51
15	2.2	1.3	0.90	2.2	1.8	0.40	2.25	2.25	2.50	2.50
20	2.2	1.3	0.87	2.2	1.8	0.37	2.27	2.23	2.52	2.48
25	2.2	1.3	0.84	2.2	1.8	0.34	2.28	2.22	2.54	2.46
30	2.2	1.3	0.80	2.2	1.8	0.30	2.30	2.20	2.56	2.44
35	2.2	1.3	0.75	2.2	1.8	0.25	2.33	2.17	2.59	2.41
40	2.2	1.3	0.70	2.2	1.8	0.20	2.36	2.14	2.62	2.38
45	2.2	1.3	0.63	2.2	1.8	0.13	2.40	2.10	2.66	2.34
50	2.2	1.3	0.55	2.2	1.8	0.10	2.44	2.06	2.72	2.28
55	2.2	1.3	0.44	2.2	1.8	0	2.51	1.99	2.79	2.21
60	2.2	1.3	0.30	2.3	1.7	0	2.60	1.90	2.89	2.11
65	2.2	1.3	0.10	2.5	1.5	0	2.75	1.75	3.06	1.94
70	2.4	1.1	0	2.7	1.3	0	3.03	1.47	3.37	1.63
75	3.5	0	0	4.0	0	0	4.50	0	5.0	0

Table 5. Earth quantity cut-away in hard rock area.

Backslope 1 : 0.2
Fillslope 1 : 4/3

Slope of terrain in %	Road-width in m			
	3.5	4.0	4.5	5.0
		m ³ /1m		
35	0.91	0.91	1.15	1.42
40	1.05	1.11	1.41	1.74
45	1.19	1.34	1.70	2.10
50	1.34	1.62	2.05	2.53
55	1.49	1.95	2.47	3.05
60	1.82	2.38	3.01	3.72
65	2.26	2.95	3.74	4.62
70	2.59	3.85	4.87	6.02
80	5.83	7.61	9.64	11.90
90	6.72	8.78	11.11	13.72
100	7.65	10.00	12.65	15.62
110	8.63	11.28	14.27	17.62
120	9.67	12.63	15.98	19.73
130	10.76	14.05	17.78	21.95

Table 6. Earth quantity cut-away in soft rock and semiweathered rock area.

Backslope 1 : 0.5
Fillslope 1 : 4/3

Slope of terrain in %	Road-width in m			
	3.5	4.0	4.5	5.0
		m ³ /1m		
35	1.03	1.03	1.26	1.55
40	1.21	1.23	1.55	1.92
45	1.40	1.51	1.91	2.35
50	1.61	1.84	2.33	2.87
55	1.84	2.26	2.86	3.53
60	2.15	2.81	3.55	4.38
65	2.74	3.75	4.52	5.58
70	3.67	4.82	6.09	7.53
80	8.17	10.66	13.50	16.67
90	10.02	13.09	16.57	20.45
100	12.25	16.00	20.25	25.00
110	14.97	19.56	24.75	30.56
120	18.37	24.00	30.37	37.50
130	22.75	19.71	37.61	46.43

은 용이하게 추정을 할 수 있게 된다.

다. 사육벽에 대한 고찰

山地傾斜와 設計路幅別 土量은 表 3을 활용하면 간편하게 구할 수 있다. 산지경사의 측량요령은 0 점에서 산정방향과 산록방향의 산지경사를 측정하여

Table 7. Earth quantity cut-away in earth area.

Backslope 1 : 1
Fillslope 1 : 4/3

Slope of terrain in %	Road-width in m			
	3.5	4.0	4.5	5.0
		m ³ /1m		
5	0.13	0.13	0.13	0.16
10	0.27	0.27	0.28	0.34
15	0.43	0.43	0.45	0.55
20	0.61	0.61	0.64	0.79
25	0.81	0.81	0.87	1.07
30	1.04	1.04	1.14	1.40
35	1.30	1.30	1.46	1.80
40	1.61	1.61	1.85	2.29
45	1.98	1.98	2.35	2.90
50	2.42	2.42	2.99	3.69
55	2.96	3.04	3.85	4.75
60	3.63	4.02	5.09	6.28
65	4.49	5.56	7.03	8.68
70	6.48	8.46	10.71	13.20
75	18.38	24.00	30.38	37.50
80	24.50	32.00	40.50	50.00

평균치를 5% 간격으로 기록하고, 土質狀態를 判別하여 흙지대와 암석지대 및 풍화암지대로 구분한다.

設計路幅은 直線部(曲線半徑 30~50m 以內)에 한하여 적용하고 曲線部の 設計路幅은 曲線半徑과 設計速度에 따라 橫幅量이 상이하므로 유의하여야 한다.

예를 들면 設計車種을 8t cargo 트럭으로 하고 曲線部 設計速度가 20km/h 일 경우 曲線半徑은 약 18m⁵⁾가 되어야 한다. 이 경우 橫幅되어야 할 路幅이 약 0.9m가 된다. 단일 直線部 設計路幅을 4.0m로 하였을 경우 曲線部位의 路幅은 4.9m 이므로 이 地點의 土量換算을 위한 路幅은 表 3의 5.0m 路幅을 적용하게 된다.

이와 같이 0.5m 寬약표에 의해 測點別 土量을 구하여 測點間의 區間土量을 換算하여 누계를 하면 施工地의 全體土量을 구할 수 있게 된다.

0.5m 寬약에 따른 土量推定의 目的은 測點別 土量을 구하는 것이 아니고 全體土量을 간편하고 빠르게 구하는데 있고 測點別 誤差는 결국 상쇄되게 되므로 土量計算을 위한 전체 오차는 무시하여도 되게 된다.

이 方法의 적용시 設計路幅을 알고, 曲線部 橫幅量을 측정할 수 있는 능력이 갖추어졌을지 신속히 토량을 환산할 수 있는 감각이 있다.

특히 이 방법은 일반계획수립시 또는 직영사업 수행시에 곧 적용을 시킬 수 있으나 하청사업의 경우에는 오차량에 대해 논란의 소지가 있다. 그러나 林道施工地 土量算出은 設計方法과 測量者에 따라 모두 同一할 수 없으므로 정밀측량에 의한 오차량이나 同表를 적용하여 추정된 土量의 오차는 대동소이 할 것으로 예측이 된다. 비록 정밀측량에 의하여 계산된 土量이라 하더라도 林道施工地의 여러가지 제약조건 때문에 측정별로 계산된 土量과 施工土量이 一致됨은 없게 되므로 設計時間과 費用을 줄이기 위해 土量換算表의 적용을 제안하는 바이다.

2. 切土路幅을 직접 測量을 하여 土量을 환산하는 방법

0.5 m 팔약표에 의해 土量을 환산하는 表 3을 적용시 각 측정별 토량계산의 정밀도에 대해 논란의

소지가 있다. 실제 施工地를 보면 각 측정별 절토로 폭이 表 2와 같이 기하학적으로 시공되지 않고 변동이 되기 때문이다. 變動의 原因은 各測點別 미세 지형이 모두 다르므로 실제 平面上의 0線은 파상형으로 나타난다.

이와 같은 논란의 소지를 없애고 각 측정별 절토량을 정밀하게 계산할 수 있는 방안을 강구하였다. 이는 現地에서 直接 切土路幅을 測定하여 土量을 換算하는 방법이다.

切土路幅의 測定方法은 0線測量時에 道路 中央點을 判別하여 中央點이 0線보다 산정방향쪽에 있으면 設計路幅의 1/2 값에 中央點과 0點까지의 거리를 합산하게 되고 반대로 中央點이 산록방향쪽에 있게 되면 감하여 구한다.

中央點의 判別은 測點 前後의 地形條件과 盛土시 켄 土量의 확보에 따라 有意選定하게 된다. 直線部

Table 8. Exchangeable coefficient (S value) to calculate the earth quantity cut back or filled up when to survey the road width cut away or filled up.

Slope of terrain in %	For calculating the earth quantity cut-away to backslope grade			For calculating the earth quantity filled-up to fillslope grade	
	1 : 0.2	1 : 0.5	1 : 1	1 : 1.2	1 : 4/3
5		0.02565	0.02633	0.02658	0.02677
10		0.05265	0.05557	0.05684	0.05768
15		0.08110	0.08822	0.09144	0.09375
20		0.11111	0.12500	0.13156	0.13636
25		0.14287	0.16668	0.17857	0.18747
30	0.15957	0.17648	0.21429	0.23440	0.25002
35	0.18816	0.21211	0.26921	0.30175	0.32808
40	0.21739	0.24999	0.33332	0.38468	0.42856
45	0.24726	0.29034	0.40909	0.48906	0.56256
50	0.27778	0.33334	0.49999	0.62511	0.75004
55	0.30899	0.37932	0.61110	0.80899	1.03140
60	0.34090	0.42858	0.75000	1.07158	1.50000
65	0.37358	0.48149	0.92856	1.47749	2.43686
70	0.40697	0.53847	1.16665	2.18753	5.24850
75	0.44116	0.60000	1.50000	3.74904	-
80	0.47619	0.66667	2.00000	10.000	-
85	0.51205	0.73913	2.83333	-	-
90	0.54878	0.81818	4.50000	-	-
95	0.58642	0.90476	9.49998	-	-
100	0.62500	1.00000	-	-	-
105	0.66456	1.10526	-	-	-
110	0.70513	1.22222	-	-	-
115	0.74675	1.35294	-	-	-
120	0.78947	1.50000	-	-	-
125	0.83333	1.66667	-	-	-
130	0.87838	1.85714	-	-	-

의 경우는 表 2의 切土와 盛土路幅을 참조하고, 曲線部에서는 曲線測量方法과 切土量 = 盛土量 概念을 적용하면서 切土路幅을 決定한다.

切土路幅을 測定하기 위해서는 路線測量에 대한 경험과 지식을 갖추수록 오차가 적어지므로 이 方法을 적용시 이에 대한 충분한 교육훈련을 요하게 된다.

切土路幅을 정확히 測定할 수 있게 되면 換算表에 의해 現地에서 直接 土量算出할 수 있는 表의 製作이 필요하게 된다.

測定된 切土路幅 또는 盛土路幅으로 山地傾斜度別 切土量과 盛土量을 구할 수 있는 換算表를 製作하기 위하여서는 切土路幅 또는 盛土路幅 1 m일시의 土量換算係數를 구하던 된다.

土量換算係數는 三角函數法을 적용하여 다음과 같이 계산하였다.

그림 2에서 切·盛土斷面積은

$$S = \frac{1}{2} ac (c = b \sin(180 - \beta)) \dots\dots\dots ①$$

$$= \frac{1}{2} ab \sin(180 - \beta) \dots\dots\dots ②$$

여기서

$$b = a \cdot \sin \alpha / \sin(\beta - \alpha) \dots\dots\dots ③$$

③을 ②에 代入하면

$$S = \frac{1}{2} a^2 \cdot \sin(180 - \beta) \cdot \sin \alpha / \sin(\beta - \alpha) \dots\dots\dots ④$$

④식에서

α 값은 山地傾斜에 따라 변화되고, β 값은 切土물매로 표준화되어 있으므로 $a = 1$ 로 하는 S 값을 구하면 表 4와 같다.

表 4의 사용법은 ;

$$S = S_s \times a_i^2$$

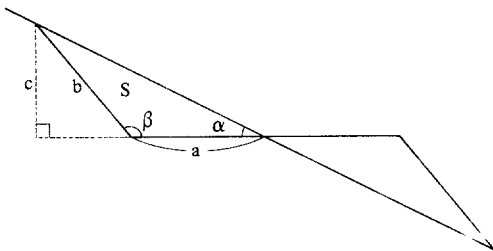


Fig. 2. Diagram to calculate the cross section area(s) of cut-away road when a is 1m.

여기서

S = 측정의 切土 또는 盛土斷面積

S_s = 산지 경사도에 따른 환산계수

a_i = 실측된 切土路幅 또는 盛土路幅

表 4의 사용법을 사례로 들어 설명하면 다음과 같다.

山地傾斜 60%인 흙지대에서 切土幅이 2.5 m 이었다면 ;

切土斷面積 S 값은 表 4의 흙지대에서 환산계수를 구하니 山地傾斜 60%이고 切土물매 1 : 1란에서 0.75 이었다. 고로,

$$S = 0.75 \times 2.5^2 \text{ 는 } 4.69 \text{ m}^2$$

이 측정에서의 豫想土量은 4.69 m^3 이 된다.

이상과 같이 토량환산표를 적용하면 횡단면도의 제도와 이에 의한 斷面積算出을 위한 勞力을 절감시킬 수 있다. 또한 切土量과 盛土量을 現地에서 직접 조정할 수 있으므로 設計의 精確성을 기할 수 있는 장점도 있다.

結 論

林道設計時 土量調査와 算出을 위해 많은 人力과 時間이 소요되고 있어 이를 해소시키기 위한 方法으로 0線測量法을 利用하여 土量을 간단히 換算할 수 있는 2種의 換算表를 製作하였다.

이를 利用하면 林道設計에 있어 많은 편의가 있고 경비절감이 있을 것으로 豫상이 된다.

引 用 文 獻

1. Pietz, P. Knigge, W. Loffler, H. 1984. Walderschließung. Paul Parey. 239-275.
2. Forestry Handbook, 1984. Forest Road Engineering. A wileyinterscience publication John Wiley & Sons. 1041-1044.
3. Hafner, F. 1971. Forstlicher Straßen-und Wegebau. Österreichischer Agrarverlag, Wien. 89-97.
4. Kuonen, V. 1983. Wald-und Gufersstraßen. eigenverlag Lindenweg 9. CH-8122 PFAUFHAUSEN 117-219.
5. 國林省. 1984. 산악지 일대선계와 시공. 임업기계훈련원보고.