

# 數值地形모델에 의한 土工量計算 正確度の 豫測모델에 관한 研究

## A Study on the Predictional Model for Accuracy of Earthwork Calculation by Digital Terrain Model

吳 昌 洙\*  
Oh Chang-Soo

### 要 旨

最近 航空寫眞測量 技術의 發達로 土工量 算定에 있어 數值地形모델의 利用이 增大되고 있으며, 土工量 算定은 土木工事의 計劃 및 設計時 큰 比重을 차지하고 있어 正確度を 높이는 것은 매우 重要한 要素中의 하나이다.

本 研究에서는 DTM이 資料의 標高 正確도에 미치는 影響을 分析하고, 이를 基礎로하여 地形別 data의 密度에 따라 實際 設計時 土工量의 正確도를 豫測할 수 있는 斷面形狀係數의 豫測 model 式을 開發함으로써 土工量 및 工事費算定에 크게 寄與할 것이다.

여기서 土工量의 正確도는 data間隔보다 橫斷面 間隔에 의한 影響이 더 크며, 標高의 標準誤差가 미치는 影響은 橫斷面 間隔이 클수록 減少되었다.

研究結果 提示된 斷面形狀係數의 豫測 model 式을 一般的인 境遇에 適用하여 豫測한 土工量의 誤差와 一般的 計算에 의한 土工量의 誤差와의 差는 平坦地에서 0.8374~3.1437m<sup>3</sup>/m, 山岳地에서 1.5628~6.9675m<sup>3</sup>/m로서 매우 微小하므로 本 研究에서 提示된 豫測 model을 適用함으로써 正確한 土工量의 誤差를 豫測할 수 있음을 알 수 있었다.

### ABSTRACT

The use of digital terrain model has been enlarged in calculating the earthwork due to the development of aerial photogrammetry. The calculation of earthwork plays a major role in plan or design of many civil engineering projects, and thus it has become very important to advance the accuracy of earthwork calculation.

In this study, I have made an analysis of influences which DTM makes on the height accuracy of data; on the basis of the analysis, we can develop the predictive model formula of profile shape coefficients by which the accuracy of earthwork can be pre-estimated in practical design according to data density of terrain, making thereby good contribution to the calculation of both earthwork amount and its expenses.

This study shows that the accuracy of earthwork is more affected by the distances of cross

---

\*朝鮮大學校 大學院 博士課程

-sections than by data density and that the effects by the standard errors of height decrease in proportion as the distances of cross-sections are great. It also shows that when the prediction model formula of profile shape coefficients is applied to ordinary cases, the differences between the predicted earthwork errors and the errors by ordinary estimation are at 0.8374~3.1437m<sup>3</sup>/m, on flat terrain and 1.5628~6.9675m<sup>3</sup>/m, on mountainous terrain-so little as to be ignored; thus it can be safely ascertained that the accurate earthwork errors can be predicted applying the prediction model formula made in this study.

## 1. 序 論

地形에 대한 特徵을 數值的으로 表現하는 數值地形모델 (digital terrain model; D.T.M.) 은 航空寫眞이나 地形圖로부터 쉽게 求할 수 있으며, 그 廣範圍한 適用分野中 土工量計算은 道路設計<sup>1)</sup> 등의 여러 토목사업의 重要한 部分으로서 全工事費用에 큰 比重을 차지하고 있어 DTM에 의한 토공량계산의 正確度를 높이는 것은 重要한 研究課題가 되고 있다.<sup>2)</sup> 이에 따른 一般要素인 Data點의 密度, Data標高의 正確度, 地形의 形態, 補間方法<sup>3)</sup> Data取得方法 등을 고려할 때 DTM을 이용한 路線設計時 土工量計算의 正確度는 이들 要素등에 의한다고 볼 수 있다.

本 研究에서는 DTM을 이용한 土工量計算에 이들 要素가 미치는 影響을 分析하고, 이를 기초로 하여 標高의 正確度, 橫斷面上의 Data간격, 道路中心線上的 橫斷面間隔 및 地形의 形態에 관한 函數로서 實際設計時 土工量의 正確度를 算出할 수 있는 豫測모델을 제시하는데 目的을 두고 있다.

豫測모델 제시에 適用하고자 하는 境遇의 數는 地形의 形態를 2가지, 標高의 正確度는 9段階, 橫斷面上의 Data 間隔이 3段階, 道路中心線上的 橫斷面 間隔이 4段階로서 總 216가지의 境遇를 設定하여 本 研究를 行하였다.

## 2. 土工量計算의 正確度

### 2.1 面積 標準誤差와 標高標準誤差의 關係

$y=f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ 을 Taylor級數에 의 해 展開하면  $y$ 全體의 誤差는<sup>4) 5) 6)</sup>

$$\sigma_y^2 = \left(\frac{\partial f}{\partial x_1}\right)^2 \sigma_{x_1}^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial x_2}\right)^2 \sigma_{x_2}^2 + \dots + \left(\frac{\partial f}{\partial x_n}\right)^2 \sigma_{x_n}^2 \quad (2-1)$$

이며 이 式(2-1)을 偶然誤差의 傳播式이라 한다. 그리고 이 오차전파식을 좌표법에 의한 斷面積 計算式에 적용하면 다음과 같은 式을 얻을 수 있다.<sup>7) 8)</sup>

$$\sigma_A^2 = \left(\frac{\partial A}{\partial h_1}\right)^2 \sigma_{h_1}^2 + \left(\frac{\partial A}{\partial h_2}\right)^2 \sigma_{h_2}^2 + \dots + \left(\frac{\partial A}{\partial h_n}\right)^2 \sigma_{h_n}^2 \quad (2-2a)$$

위의 式(2-2a)에서 모든 점의 표고가 標準誤差( $\sigma_n$ )로 나타낼 수 있도록 같은 正確度로 觀測되었다고 하면

$$\begin{aligned} \sigma_A^2 &= \frac{1}{4} [(x_n - x_2)^2 + (x_1 - x_3)^2 + (x_2 - x_4)^2 + \dots + (x_{n-1} - x_1)^2] \sigma_n^2 \\ \therefore \sigma_A &= \pm \frac{1}{2} [(x_n - x_2)^2 + (x_1 - x_3)^2 + (x_2 - x_4)^2 + \dots + (x_{n-1} - x_1)^2]^{1/2} \sigma_n \\ &= \pm C \sigma_n \end{aligned} \quad (2-2b)$$

이다. 여기서

$$C = \frac{1}{2} [(x_n - x_2)^2 + (x_1 - x_3)^2 + (x_2 - x_4)^2 + \dots + (x_{n-1} - x_1)^2]^{1/2}$$

이며 式(2-2b)에 의하면 橫斷面과 地形의 組合에 대해서  $\sigma_n$ 와  $\sigma_A$ 는 선형으로 比例한다. 그러나 실제로는  $\sigma_n$ 와  $\sigma_A$ 의 관계는 直線이기 보다는 곡선에 가까우며, 地形이 不規則하면 할수록 線形에 대한 편차는 커지게 된다.

따라서 횡단면상에 있는 인접 data 사이의 지형이 일정하지 않다는 사실과 標高의 標準誤差( $\sigma_n$ )를 고려하여 다음과 같이 나타낼 수 있다.<sup>10) 11)</sup>

$$\sigma_A = \pm (C^2 \sigma_n^2 + \sigma_t^2)^{\frac{1}{2}} \quad (2-3)$$

여기서 C는 橫斷面을 定義하는데 사용되는 data 數와 斷面의 形狀에 따라 달라지는 係數이고  $\sigma_t$ 는 橫斷面上에 있는 인접 data 사이의 기울기가 일정하지 않기 때문에 생기는 斷面積의 標準誤差( $\sigma_A$ )이다.

### 2.2 土工量의 標準誤差와 斷面積 標準誤差의 關係

兩斷面 平均法에 의한 土工量計算式에 偶然誤差 傳播式(2-1)을 적용하면

$$\sigma_v^2 = \left(\frac{\partial V}{\partial A_1}\right)^2 \sigma_{A_1}^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial A_2}\right)^2 \sigma_{A_2}^2 \quad (2-4)$$

이때  $\frac{\partial V}{\partial A_1} = \frac{\partial V}{\partial A_2} = \frac{L}{2}$  이므로

$$\sigma_v^2 = \frac{L^2}{4} (\sigma_{A_1}^2 + \sigma_{A_2}^2)$$

$$\therefore \sigma_v = \pm \frac{L}{2} (\sigma_{A_1}^2 + \sigma_{A_2}^2)^{\frac{1}{2}} \quad (2-5)$$

가 된다.

式(2-5)에서  $\sigma_{A_1} = \sigma_{A_2} = \sigma_A$  라고 假定하면

$$\sigma_v = \pm \frac{L}{2} \sigma_A \quad (2-6)$$

이다. 여기서  $\sigma_A$ 와  $\sigma_v$ 의 관계는 線形이라는 것을 알 수 있다. 그러나 실제로는 이런 線形關係가 기본적인 兩斷面平均法에서 생긴 오차와 두 횡단면 사이의 地形이 一定하지 않아 생기는 誤差 등 要素들의 영향때문에 線形關係라기 보다는 曲線關係에 가깝다.<sup>12)</sup>

따라서 式(2-6)을 다음과 같이 修正하여 사용한다.

$$\sigma_v = \pm \left(\frac{L^2}{2} \sigma_A^2 + \sigma_t^2\right)^{\frac{1}{2}} \quad (2-7)$$

여기서  $\sigma_t$ 는 앞의 두가지 영향을 고려했을때 생기는 標準誤差이며 크기는 data間隔과 斷面의 形狀에 따라 달라진다.

### 2.3 總土工量의 標準誤差

計劃된 路線에 따라 求한 總土工量은

$$V = \sum_{i=1}^n v_i$$

이므로 偶然오차전과식을 적용하면

$$\sigma_v = \pm \left(\sum_{i=1}^n \sigma_{v_i}^2\right)^{\frac{1}{2}} \quad (2-8)$$

이다. 모든 단면에서의 誤差의 特性이 같다고 하면 式(2-8)은

$$\sigma_v = \pm \sqrt{n} \sigma_v \text{ 이다.} \quad (2-9)$$

### 2.4 一般的 計算에 의한 土工量誤差와 斷面積誤差

道路中心線上의 橫斷面間隔이  $Lm$ 일 때  $n$ 區間中  $i$ 區間的 正確한 土工量을  $\bar{v}_i$ 라 하고, 같은 구간에서 計算된 土工量을  $v_i$ 라고 하면 各區間에서의 土工量計算의 誤差는

$$\epsilon_i = v_i - \bar{v}_i \quad (2-10)$$

따라서  $n$ 個 區間 土工量의 標準誤差( $\sigma_v$ )와 單位길이당 土工量의 標準誤差( $\sigma_v/L$ )는 다음과 같다.

$$\sigma_v = \pm \left(\frac{\sum_{i=1}^n (\epsilon_i \epsilon_i)}{n-1}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (2-11)$$

$$\sigma_v/L = \pm \frac{1}{L} \left\{ \frac{\sum_{i=1}^n (\epsilon_i \epsilon_i)}{n-1} \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (2-12)$$

이며,  $\bar{A}_j$ 를  $j$ 斷面의 正確한 斷面積,  $A_j$ 를 座標法에 의해 계산한 斷面積이라 하면 같은 方法으로 구한 誤差  $a_j$ 는 다음과 같다.<sup>11)</sup>

$$a_j = A_j - \bar{A}_j \quad (2-13)$$

그리고 面積의 표준오차는

$$\sigma_A = \pm \left\{ \frac{\sum_{i=1}^{n+1} (a_i \cdot a_i)}{n-1} \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (2-14)$$

이다.

### 2.5 豫測모델에 利用되는 各 係數의 誘導

式(2-3), 式(2-7)은 土工量 計算의 正確度를 評價하는데 利用할 수 있는 斷面積의 標準誤差 및 土工量의 標準誤差를 나타내는 式이다. 式(2-7)로부터 다음과 같은 式을 얻을 수 있다.

$$\left(\frac{\sigma_v}{L}\right)_{\text{pred}} = \pm \left\{ \frac{(\sigma_A)^2}{2} \text{pred} + \left(\frac{\sigma_t}{L}\right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (2-15)$$

여기서  $\sigma_r$ 는 두 橫斷面 사이의 地形이 一定하지 않다는 影響을 考慮했을 때 생기는 標準誤差이다. 그리고 基本格子間隔(2m)으로 各 中心線에 따른 횡단면간격(L)에 따라 표고표준오차가 0인 地域의 횡단면적은 오차가 없다고 가정하면 土工量計算에서의 誤差는 地形과 兩斷面 平均法에 起因한다고 할 수 있다. 즉 이 경우에는  $\sigma_r = \sigma_v$  또는  $\sigma_r/L = \sigma_v/L$ 이다. 또한 式(2-3)에서도  $\sigma_n = 0$ 일 때  $\sigma_t = \sigma_A$ 이다. 따라서 횡단면에 따라 data 간격이 다른 경우와 平坦地, 山岳地에 따른  $\sigma_t$  값이 決定된다.

그러므로 式(2-3)으로부터 C 값을 다음식에 의해 구해진다.

$$C = \left( \frac{\sigma_A^2 - \sigma_t^2}{\sigma_n^2} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2-16)$$

따라서 data間隔(D)과 標高의 正確度( $\sigma_n$ ) 各 各의 組合에 대하여 各 各의 C 값이 計算된다. 計算된 C 값들의  $\sigma_n$ 에 따른 平均값을 式(2-3)에 代入하여 豫想되는 ( $\sigma_A$ )pred 값을 얻는다.

$$(\sigma_A)_{pred} = \pm (C^2 \sigma_n^2 + \sigma_t^2)^{\frac{1}{2}} \quad (2-17)$$

各 各의 ( $\sigma_A$ )pred와 그에 대응하는  $\sigma_r/L$ 를 이용하여 式(2-16)에 의해 豫想되는 ( $\sigma_v/L$ )pred를 구한다.

그러므로 數值地形모델을 利用한 土工量의 正確度는 data間隔(D), 道路中心線上的 橫斷面間隔(L) 및 地形과 標高의 正確度( $\sigma_n$ )만 알고 있으면, 本 論文에서 求한 係數 C와  $\sigma_t$  및  $\sigma_r/L$ 를 利用하여 미리 豫測할 수 있다.

### 3. 觀測 및 結果값 分析

#### 3.1 觀測 data

本 研究에서 對象으로 한 data는 Wild A 10 立體圖化機로 寫眞縮尺 1/6000, 모델縮尺 1/3000인 航空寫眞으로부터 求하며 data 取得 方法은 平坦地, 山岳地를 폭 36m, 길이 96m에 대하여 正四角形格子(2m×2m)를 形成하고 그 格子點들의 座標값을 읽어 그림 3-1과 같이 標高標準誤차를 0.0~0.8m로 9 단계로 구분하고, 橫斷面上의 data間隔(D)은 2m, 4m, 6m의 3段階

로 區分하여 分析하였으며 道路中心線上的 橫斷面間隔(L)도 2m間隔으로 2m, 6m, 12m, 24m의 4段階로 區分하여 各 要素가 土工量의 正確度에 미치는 影響을 分析하였다.

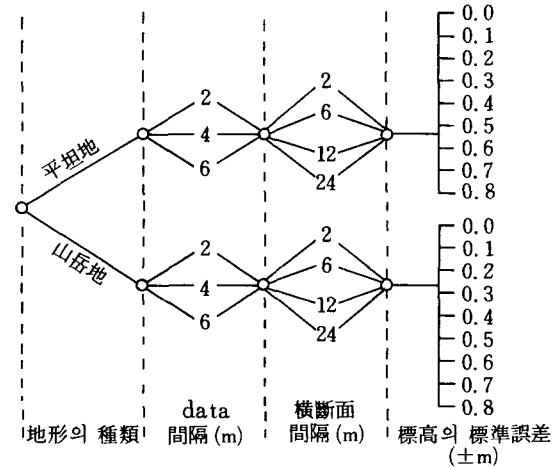


그림 3-1. model 처리에 利用된 觀測의 경우(216가지)

#### 3.2 觀測값 分析

실제 地形의 最確값은 基本格子間隔 2m×2m의 土工量의 값을 기준으로 그림 3-1에 나타낸 各 地形別 道路中心線上的 橫斷面間隔(L), data間隔(D)에 따라 標高의 標準誤차( $\sigma_n$ )를 변화시켜 電算處理한 單位길이당 土工量誤差값을 分析하였다.

##### 3.2.1 標高의 標準誤차에 따른 土工量誤差

道路中心線上 橫斷面間隔  $L=2m, 6m, 12m, 24m$ 에 대한 平坦地와 山岳地의 標高의 標準誤차( $\sigma_n$ )와 單位길이당 土工量의 標準誤차( $\sigma_v/L$ )의 關係는 다음 그림 3-2, 그림 3-3, 그림 3-4, 그림 3-5와 같다.

그림에서 單位길이당 土工量誤差 ( $\sigma_v/L$ )는 平坦地가 山岳地보다 훨씬 標高의 標準誤차( $\sigma_n$ )의 影響을 덜 받음을 알 수 있으며 거의모든 경우에서 토공량오차( $\sigma_v$ )는 data間隔(D)을 증가 시킴에 따라 크게 됨을 알 수 있다. 또한 標高의 正確도가  $\pm 0.1m$ 에서  $\pm 0.7\sim 0.8$ 로 감소될

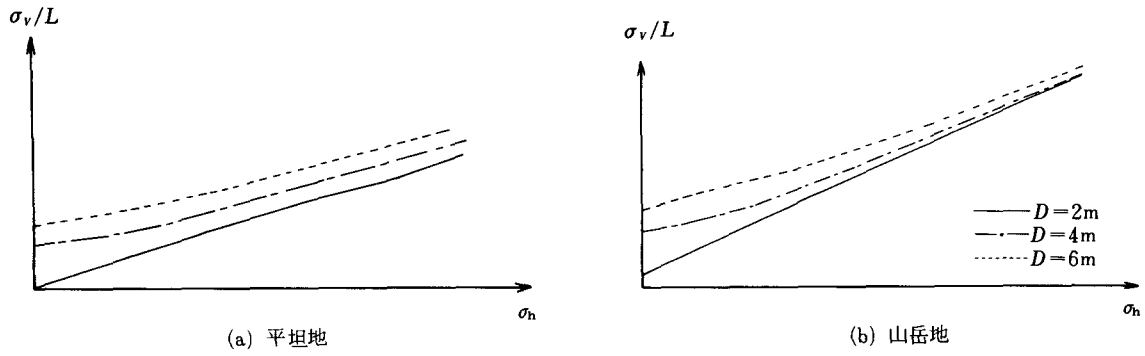


그림 3-2.  $L=2\text{m}$ 일때의  $\sigma_h$ 와  $\sigma_v/L$ 의 관계

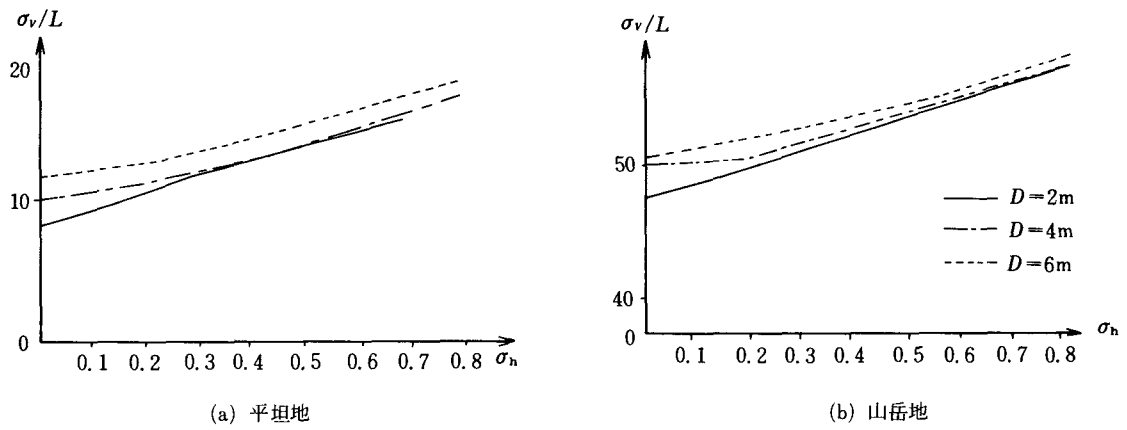


그림 3-3.  $L=6\text{m}$ 일때의  $\sigma_h$ 와  $\sigma_v/L$ 의 관계

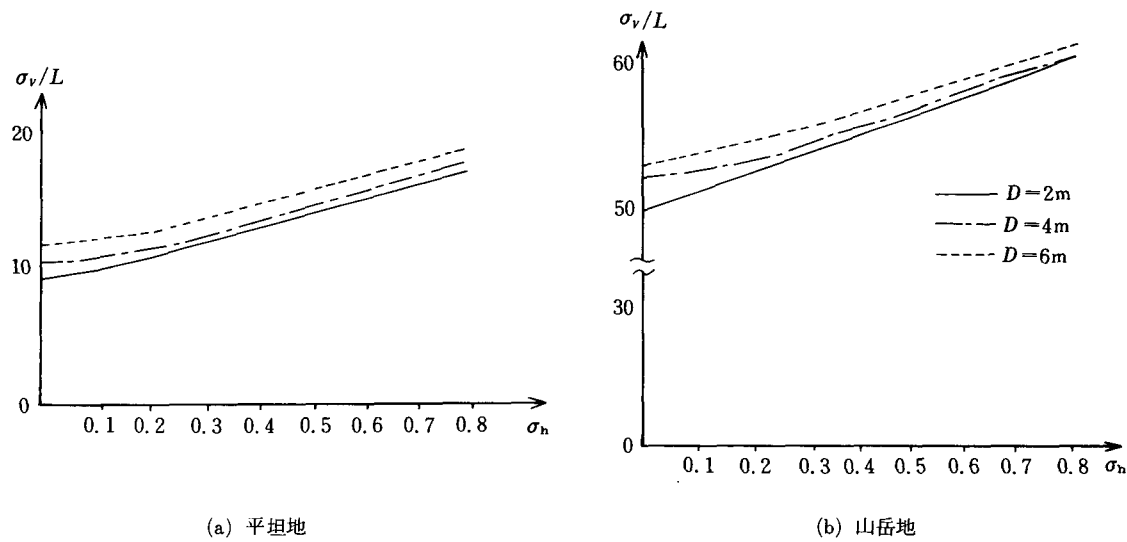


그림 3-4.  $L=12\text{m}$ 일때의  $\sigma_h$ 와  $\sigma_v/L$ 의 관계

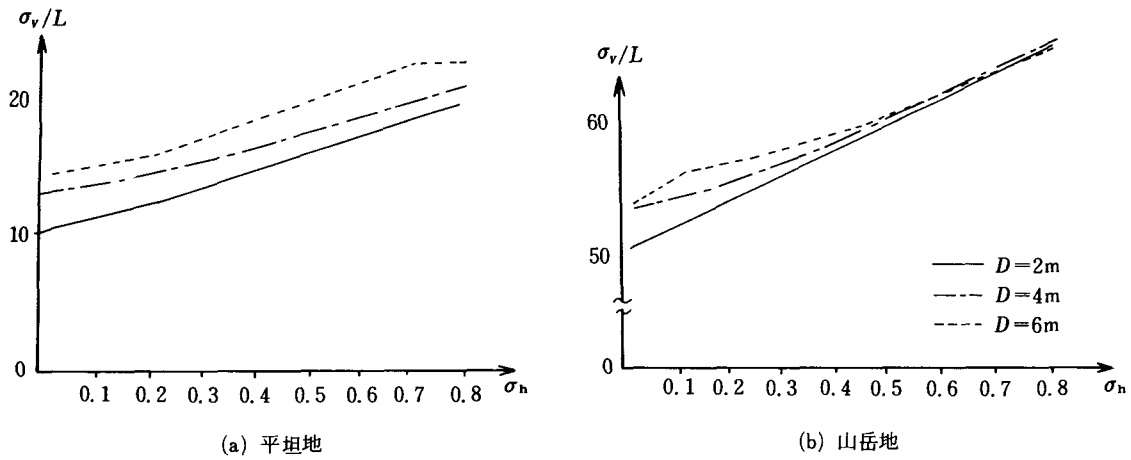


그림 3-5.  $L=24\text{m}$ 일때의  $\sigma_h$ 와  $\sigma_v/L$ 의 관계

때 단위길이당土工量誤差는 平地와 山岳地 모두 약  $\pm 10\text{m}^3/\text{m}$  정도가 증가함을 알 수 있다. 따라서 土工量 正確度 算出에 있어서 標高의 正確度 減少는 横斷面上的 資料密度를 증가시킴으로써 補完할 수 있으며 正確한 토공량을 計算하기 위해서는 2m, 4m의 密度가 높은 data間隔으로 data를 얻어야 한다. 標高의 標準誤差가  $\pm 0.7\sim 0.8\text{m}$ 로 크게 될 경우에도 横斷面 間격을 2m로 감소시키면 土工量計算의 正確도를 높힐 수 있다. 즉 標高의 표준오차가 크더라도 横斷面상의 data間隔과 道路中心線상의 横斷面間격을 좁혀서 密度가 높은 data를 얻으면 높은

正確度の 토공량을 計算할 수 있다.

### 3.2.2 横斷面間隔間의 標高標準誤差에 따른 土工量誤差

横斷面상의 data間隔( $D$ )別 道路中心線상의 横斷面間격( $L$ )에 따라 標高의 표준오차( $\sigma_h$ )와 단위길이당 土工量誤差( $\sigma_v/L$ )의 關係는 다음 그림 3-6, 그림 3-7, 그림 3-8과 같다.

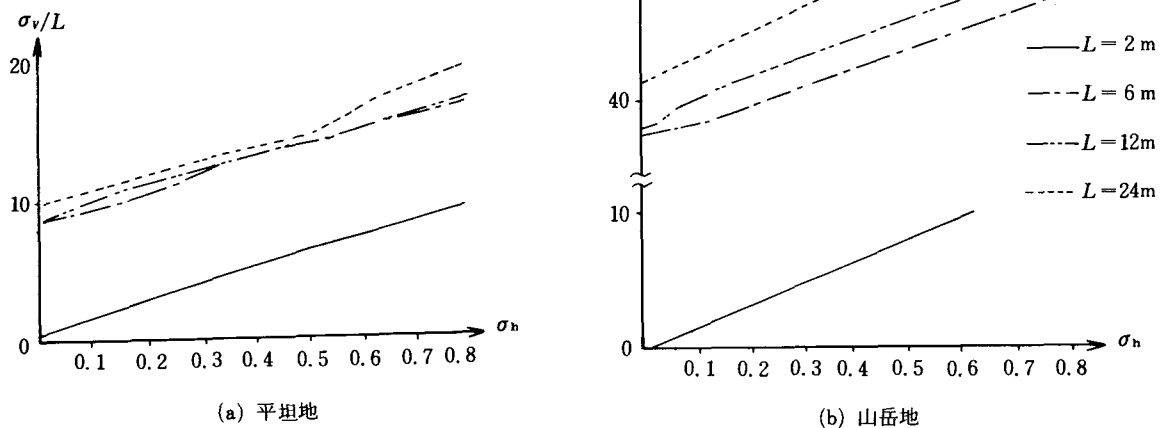
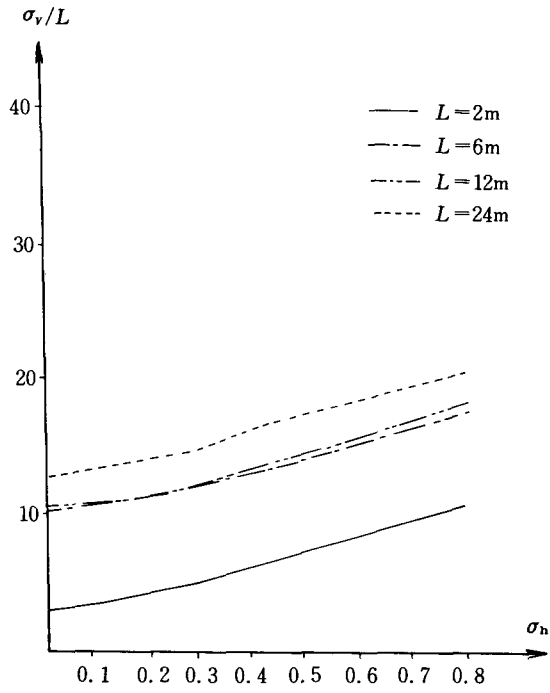
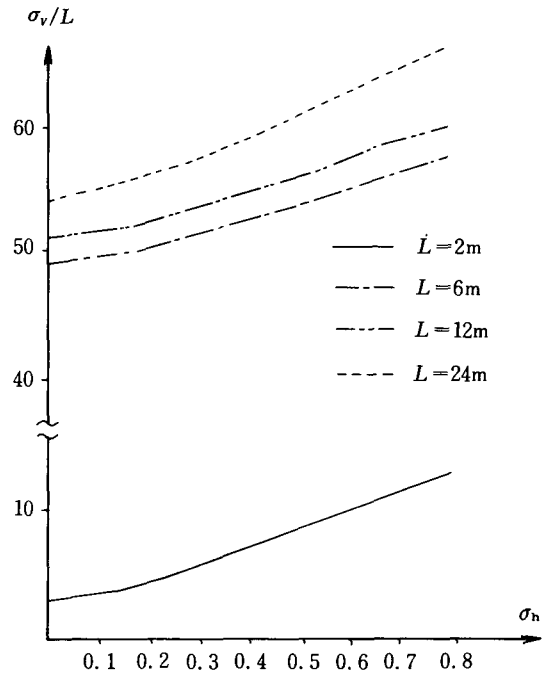


그림 3-6.  $D=2\text{m}$ 일때의  $\sigma_h$ 와  $\sigma_v/L$ 의 관계

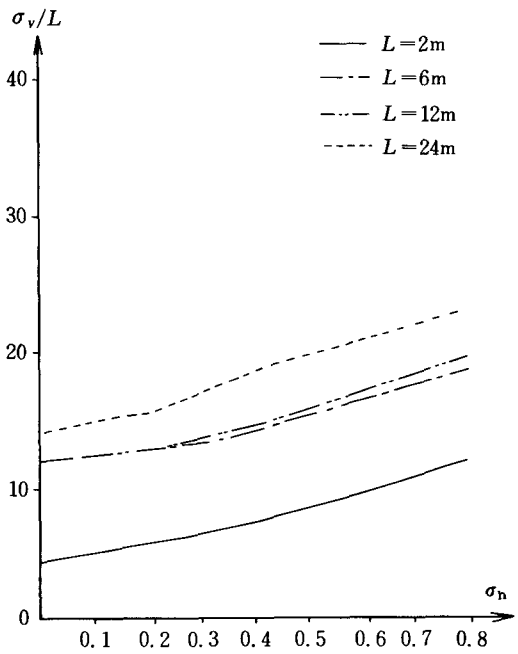


(a) 平地

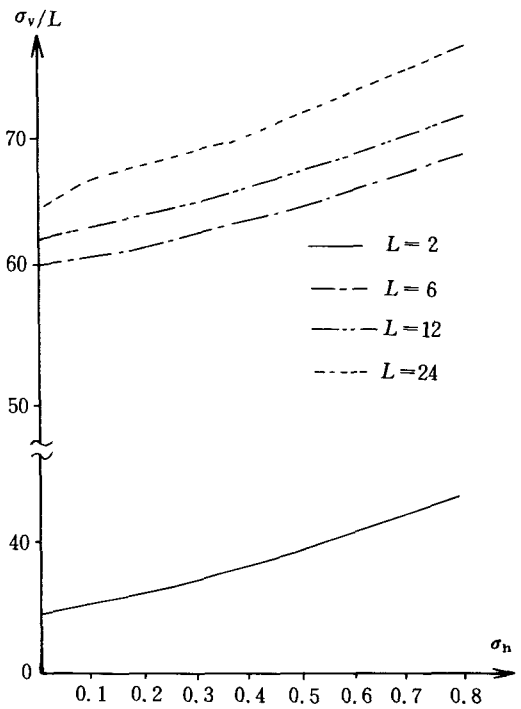


(b) 山岳地

그림 3-7. D=4m일때의  $\sigma_h$ 와  $\sigma_v/L$ 의 관계



(a) 平地



(b) 山岳地

그림 3-8. D=6m일때의  $\sigma_h$ 와  $\sigma_v/L$ 의 관계

그림에서 알 수 있듯이 平地에서는 횡단면 간격(L)이 2m일때에 표고의 정확도( $\sigma_n$ )가 낮아짐에 따라 L이 6m, 12m, 24m일때에 비해 토공량의 정확도( $\sigma_v/L$ )는 2~2.5배로 크게 됨을 알 수 있으며, 山岳地形에서는 횡단면간격이 2m일 때 훨씬 더 정확함을 알 수 있다. 그리고 도로중심선상의 횡단면간격은 토공량산정의 정확도와 data 간격보다 더 큰 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

### 3.3 土工量誤差 豫測 모델식決定

地形, data間隔(D), 橫斷面間隔(L)別 標準誤差에 따른 係數 C,  $\sigma_t$ ,  $\sigma_t/L$ 값을 2-5절에서와 같이 구하여 獨立變數를 道路中心線上的 橫斷面間隔(L)으로 하고, 縱屬變數는 係數 C와  $\sigma_T/L$ 로 하여 橫斷面上的 data間隔에 따라 曲線回歸(curvilinear regression) 分析함으로서 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다. 또한 이 식에 대해 유의성 검정을 한 결과 결정계수는 0.902~0.999이었다.<sup>14), 15)</sup>

#### 3.4.1 係數 C

##### a. 평탄지

$$D=2\text{m인 경우} : C = -0.0056L^2 + 0.2017L + 12.4900$$

$$D=4\text{m인 } \text{〃} : C = 0.0040L^2 + 0.0900L + 13.9800$$

$$D=6\text{m인 } \text{〃} : C = 0.0130L^2 + 0.0400L + 17.7200$$

##### b. 산악지

$$D=2\text{m인 경우} : C = -0.0030L^2 + 0.2400L + 15.8200$$

$$D=4\text{m인 } \text{〃} : C = 0.0030L^2 + 0.2630L + 15.8100$$

$$D=6\text{m인 } \text{〃} : C = -0.0090L^2 + 0.4670L + 18.1900$$

#### 3.4.2 係數 $\sigma_t$

D \ 地形	평탄지	산악지
2 m	0	0
4 m	3.089	3.032
6 m	4.393	4.400

#### 3.4.3 係數 $\sigma_T/L$

##### a. 평탄지

$$D=2\text{m인 경우} : \sigma_T/L = -0.0099L^2 + 0.3807L + 6.3440$$

$$D=4\text{m인 } \text{〃} : \sigma_T/L = 0.0095L^2 + 0.1501L + 10.9050$$

$$D=6\text{m인 } \text{〃} : \sigma_T/L = 0.0100L^2 - 0.1728L + 12.4010$$

##### b. 산악지

$$D=2\text{m인 경우} : \sigma_T/L = -0.0055L^2 + 0.3952L + 44.9610$$

$$D=4\text{m인 } \text{〃} : \sigma_T/L = -0.0019L^2 + 0.3145L + 47.6490$$

$$D=6\text{m인 } \text{〃} : \sigma_T/L = -0.0083L^2 + 0.4832L + 47.4450$$

### 3.4 本 研究의 豫測 모델 實用性

一般的인 경우 本 論文에서 제시한 豫測 모델 係數式만을 이용하여 計算한 單位길이당 土工量의 誤差와 一般的 計算式에 의한 土工量의 誤差를 다음 表 3-1과 같이 20가지의 경우를 比較分析하였다.

表 3-1에서 알 수 있듯이 本 研究에서 적용한 20가지의 경우에 있어서 平地는 0.8374~3.1437m<sup>3</sup>/m, 山岳地에서는 1.5628~6.9675m<sup>3</sup>/m 까지 差異를 보였으며, 이들 값들을 總土工量(平地 996.5356m<sup>3</sup>, 山岳地 5645.231m<sup>3</sup>)과의 比로 나타내면 平地 0.05~0.32%, 山岳地에서는 0.03~0.12%로 매우 미소한 差異임을 알 수 있었다.

따라서 本 研究에서 提示한 豫測 모델 係數만을 利用하여 一般的인 경우의 토공량오차를 容易하게 豫測할 수 있으며 計算에 의한 土工量 誤差에 相當하는 正確度를 얻을 수 있다.



表 3-1.

case	(1) 지형	(2) $D$	(3) $L$	(4) $\sigma_h$	(5) $\sigma_v/L$	(6) $C$	(7) $\sigma_t$	(8) $\sigma_r/L$	(9) $(\sigma_h/h)$ pred	(10) (5)-(9)
1	평 탄 지	2	4	0.1	10.0555	13.194	0	7.0840	7.7647	2.2908
2		2	6	0.35	12.1135	13.985	0	8.2720	8.6338	3.3497
3		2	10	0.4	12.9917	13.890	0	9.1610	9.9679	3.0239
4		2	20	0.2	11.0747	13.194	0	7.7084	7.9310	3.1437
5		4	4	0.3	13.0375	14.080	3.089	10.4566	11.0920	1.9455
6		4	10	0.4	14.0384	14.470	3.089	10.3540	11.3458	2.6926
7		4	20	0.2	12.1832	14.080	3.089	10.4566	10.8663	1.3169
8		6	4	0.5	16.2318	17.768	4.393	11.8698	13.2589	2.9729
9		6	10	0.6	16.3154	18.620	4.393	11.6730	14.4331	1.8823
10		6	12	0.25	13.4622	17.969	4.393	11.7260	12.6248	0.8374
11	산 약 지	2	4	0.4	49.0157	16.732	0	46.4538	46.6942	2.3215
12		2	6	0.35	51.6237	17.237	0	47.1349	48.3233	3.3004
13		2	10	0.5	52.4987	17.920	0	48.3630	48.7762	3.7225
14		2	12	0.25	51.9531	18.177	0	48.9150	48.9953	2.9578
15		4	4	0.6	52.4142	16.910	3.089	48.8766	49.4486	2.9656
16		4	10	0.7	55.9609	18.740	3.089	50.6040	51.4935	4.4674
17		4	24	0.35	58.3421	21.942	2.879	54.0820	54.7531	3.5890
18		6	4	0.7	52.5529	20.202	4.393	49.0850	49.9244	2.6275
19		6	10	0.5	59.1883	23.760	4.393	51.4470	52.2208	6.9675
20		6	12	0.25	53.8432	22.609	4.393	52.0540	52.2804	1.5628

### 5. 結 論

本 研究은 數値地形모델을 利用한 土工量計算 正確度의 豫測모델연구로서 地形 및 data 間隔, 橫斷面間隔別 土工量誤差를 分析하고, 豫測係數를 求하여 土工量誤差 豫測모델을 연구한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 土工量의 正確度는 data間隔( $D$ )보다 道路中心線上의 橫斷面間隔( $L$ )에 의한 影響이 더 크며, 標高의 標準誤差( $\sigma_h$ )는 橫斷面 間隔이 클 수록 土工量에 미치는 影響이 적었다.

2. 平坦地와 山岳地에서 data間隔別 道路中心線上의 橫斷面間隔에 따른 土工量의 正確度를 豫測하기 위한 단면형상계수( $C, \sigma_r/L$ )의 豫測 모델式을 제시하였다.

3. 本 論文에서 연구한 土工量計算 正確度의 豫測모델을 일반적인 경우에 적용한 豫測土工量

誤差와 一般式에 의한 土工量誤差와의 差異가 平坦地에서는  $0.8374 \sim 3.1437 \text{ m}^3/\text{m}$ , 山岳地에서는  $1.568 \sim 6.9675 \text{ m}^3/\text{m}$ 로 그 差가 매우 미소 하므로 本 研究에 의한 土工量誤差 豫測모델을 利用하여 正確한 土工量誤差를 豫測할 수 있음을 알 수 있었다.

### 參考文獻

1. Ternyd, C. O., "Photogrammetry and Electronic Computation in Highway Planning", Proc. Intern. Symp. Photogrammetry Japan soc. of photogrammetry, 1966.
2. Wong, K. W. and Siyam, Y. M., "Accuracy of Earthwork Calculations from Digital Elevation Data", ASP-ACSM Fall Technical Meeting, September, 1981, pp. 399~408.
3. 吳昌洙, "効率의인 土地利用을 위한 數値地形情報의 正確度向上", 韓國測地學會誌, 第4卷, 第1號, 1986, pp. 31~39.
4. 坪川家恒, 現代測量學, 第1卷, 日本測量協會, 1981 pp. 144~192.

5. 柳福模, “測量學原論(I)”, 서울, 開文社, 1986, pp. 51~52.
6. A. S. P., “Manual of Photogrammetry,” 4th ed., ASP, 1980, pp. 956~977.
7. 岡積滿, 測量の誤差計算, 禁北出版社, 1971, pp.53~54.
8. F. A. Shepherd, “Advanced Engineering Surveying”, 1981, pp. 11~13.
9. Edward, M. Mikhail, “Analysis and Adjustment of Survey Measurement”, 1981, pp. 13~27.
10. Wong, K. W., “Accuracy of Earthwork Calculations from Digital Elevation Data”, PE & RE, 1983, pp. 103~109.
11. Siyam, Y. M., “Application of photogrammetry to Highway Design and Maintenance,” ITC Journal, 1974.
12. Davis, M. S., “Surveying, Theory and Practice six edition, 1981, pp. 345~347.
13. Anderson & Mikhail, “Intro to Surveying”, 1985, pp. 329~349.
14. 金載周外 7名, “現代統計學”, 英志文化社, 1987, pp. 214~266.
15. William W. Cooley & Paul R. Lohnes, “Multivariate Data Analysis”, 1971, pp. 71~95.