

連續觀測과 分割觀測의 作業測定 誤差에 關한 研究

(A Study on the Work Measurement Errors of the
Continuous and the Divisions Observation)

金 福 萬*

< Abstract >

In this paper major subject is to investigate the measurement errors affecting on the determination of observation numbers, which are required for work measurement, to set up the standard work time.

The main consider is, however, with clarification of the differences between measurment errors in case of cycle operation being observed based on the continuous and the work elements observation.

1. 서 론

生産시스템에 直接的으로 關聯있는 作業에 대해 가장 經濟的인 作業方法을 開發하기 위한 作業研究는 方法研究 (Method Engineering)와 作業標準時間 設定을 위한 作業測定 (Work Measurement)으로 大別할 수 있으며, 作業測定은 作業者가 行하는 여러가지 生産活動에 대해서 時間을 媒体로 測定하는 것으로서 時間研究法, P.T.S 法¹⁾, W.S 法, 實績記錄法 등의 方法으로 標準時間을 設定하는 것을 主 目的으로 하고 있다.

本 研究에서는 이와 같은 諸 作業測定 方法中에서 時間研究法의 한 方法인 스톱·워치 (stop watch)에 의한 作業測定을 實施할 경우, 보다 精度가 높은 所要 觀測回數를 決定하기 위하여 觀測回數 決定에 影響을 미치는 測定誤差에 대해서 觀測 對象作業을 K 個의 要素作業으로 分割하여 觀測하였을 경우와 K 個 要素作業의 合成인 Cycle 作業을 分割하지 않고 連續으로 觀測할 경우에 兩 觀測 方法의 測定誤差의

差異를 理論的으로 考察하여 比較 檢討하였다.

2. 作業측정오차의 분산

스톱·워치에 의한 作業測定을 할 경우 所要觀測回數는 여러가지 方法²⁾으로 決定할 수 있으나 本 研究에서는 이 중 一般的으로 많이 使用되고 있는 E.L, Grant 方法에 의한 觀測回數 決定方法을 살펴보면, 少數의 豫備觀測回數 n ³⁾로 부터 試驗的으로 求한 各 要素作業의 觀測時間 X 로부터 計算한 平均值 \bar{X} , 標準偏差 σ , 範圍 R 등을 使用하여 所要觀測回數 n' 를 求하는 것으로서, 信賴度 95%, 精度 $\pm 5\%$ 를 滿足시키는 作業測定 觀測回數 n' 는, $n' = (40 \sqrt{n \sum xi^2 - (\sum xi)^2} / \sum xi)^2$ 式⁴⁾으로 求할 수 있고, 信賴度 95%, 精度 $\pm 10\%$ 를 滿足시키는 作業測定 觀測回數 n' 는 $n' = (20 \sqrt{n \sum xi^2 - (\sum xi)^2}$

2) L. P. Alford의 production Hand Book 方法, Westinghouse Electric Co 方法, General Electric Co 方法, E.L, Grant 方法, Maytag Co 方法 등이 있다.

3) 一般的으로 5~10回 程度.

4), 5) R. M. Barnes, Motion and Time Study, pp. 359~363

* 蔚山工科大学 産業工學科

1) P.T.S 法은 MTM, WF, BMT, DMT, MTA, HPT, MCD, GPD 등이 있다.

$\frac{1}{\sum X_i}$ 式⁵⁾으로 求할 수 있다. 위의 식은 $n' = (R/e)^2 \cdot (\sigma_x/\bar{X})^2$ 으로 表示할 수 있으며 一般式으로 는 $n' = A \cdot (CV)^2$ 으로 나타낼 수 있다. 여기서 A는 信賴度 R와 精度 e에 의해서 決定되는 係數⁶⁾이며 CV는 豫備觀測에서 求해진 標準偏差 σ 와 平均值 \bar{X} 에 의해서 決定되는 變動係數이다.

作業測定에서 나타나는 測定誤差 ϵ 와 測定 對象 作業의 참 作業時間 t 와 그리고 測定 結果 얻어진 觀測時間值 X 에 대한 分散을 各各 $\sigma_\epsilon^2, \sigma_t^2, \sigma_x^2$ 이라고 하면 觀測時間值의 分散 σ_x^2 은 σ_ϵ^2 과 σ_t^2 의 合 $\sigma_x^2 = \sigma_\epsilon^2 + \sigma_t^2$ 으로 나타낼 수 있다. 測定誤差의 分散 σ_ϵ^2 은 測定器 (stop watch)의 種類에 의해 생기는 誤差 m 의 分散 σ_m^2 , 觀測者의 判讀에 의한 誤差 r 의 分散 σ_r^2 , cycle 作業을 K個의 要素作業으로 分割할 때에 發生하는 誤差 d 의 分散 σ_d^2 , 測定器 作動에서 發生하는 誤差 s 의 分散 σ_s^2 등을 包含하고 있다.

觀測時間值의 分散 σ_x^2 이 觀測回數 決定에 影響을 미치는 變動係數이므로 σ_ϵ^2 과 σ_t^2 도 역시 變動係數임을 알 수 있다. σ_x^2 은 觀測 對象 作業을 觀測할 경우와 Cycle 作業을 連續으로 觀測할 경우 測定 誤差의 分散은 相異할 것으로 豫見된다.

3. 기호 설명

本 研究에 使用되는 記號를 簡略하게 說明하면

t_{ij} (作業時間) : 第 i 회 實 施된 j 番 號 要素 作業의 참 時間值. ($i=1,2,3 \dots n$), ($j=1,2,3 \dots K$)

t'_{ij} (累積作業時間) : 觀測 開始에서 부터 第 i 회 實 施된 j 番 號의 要素 作業까지 累積時間值.

t'_{ik} (累積作業時間) : 觀測 開始에서 부터 第 i 회 實 施된 K 個의 要素 作業으로 構成된 作業의 終了 作業 (K 番 號의 要素 作業)까지의 累積作業時間值

X_{ij} (觀測時間) : t_{ij} 를 觀測해서 얻어진 時間值

X'_{ij} (累積觀測時間) : t'_{ij} 를 觀測해서 얻어진 累積觀測時間值.

X'_{i0} (判讀時間) : 觀測을 開始할 때 스톱워치를 作動시키고 나서 最初의 읽기 時間值.

ϵ_{i0} (X'_{i0} 과 實作動始點의 差) : X'_{i0} 에서 생기는 觀測誤差로써 最初 要素 作業 (第 1 要素 作業)의 開始 時點에서 나타난다.

6) 精度 $\pm 5\%$ 일 때의 $A=40^2 = 1600$, $\pm 10\%$ 일 때의 $A=20^2 = 400$ 이다

ϵ_{is} (作動誤差) : 觀測 開時와 同時에 스톱워치를 作動시킬 경우나, 觀測 終了와 同時에 스톱워치를 停止시킬 때 나타나는 誤差.

ϵ_{ik} (分割誤差) : Cycle 作業에 關聯해서 생기는 測定誤差의 實現值로써 ϵ_{ij} 와 같은意味를 갖는다.

以上の 各 記號에 關係되는 分散을 나타내는 記號를 說明하면

σ_{st}^2 : 한 Cycle 作業에 대한 標準時間의 基礎 (正味時間) 값의 分散.

σ_{tj}^2 : 作業時間 t_{ij} 의 分散.

σ_{xj}^2 : 觀測時間 X_{ij} 의 分散.

σ_r^2 : 判讀誤差 r 의 分散.

σ_m^2 : 測定器의 種類에 따라 생기는 誤差 m 의 分散.

σ_d^2 : Cycle 作業을 要素 作業으로 分割 함으로써 생기는 誤差 d 의 分散.

σ_s^2 : 測定器의 作動誤差 s 의 分散.

4. 양 관측방법에 대한 측정오차의 분산 검토

K 個의 要素 作業이 合成된 Cycle 作業에 대하여 各 要素 作業을 各各 n 回 觀測을 實 施하고 그 測定 值에서 各 要素 作業의 平均值 \bar{X} 를 計算하여 K 個 要素 作業의 平均值의 合 $\sum_{j=1}^K X_j$ 을 한 Cycle 作業時間으로 推定하는 경우와 Cycle 作業을 K 個의 要素 作業으로 分割하여 觀測하지 않고 連續的으로 n 回 觀測을 實 施하여 얻어진 測定 值의 平均值 $\bar{X} (= \sum_{i=1}^n X/n)$ 를 한 Cycle 作業時間으로 推定하는 경우의 兩 觀測 方法의 測定 誤差에 대한 分散을 檢 討하여 본다.

1) 要素 作業으로 分割 觀測할 경우.

한 Cycle 作業을 K 個의 要素 作業으로 分割하여 觀測할 경우 各 要素 作業 別 ($j=1,2,3 \dots K$)로 一定 回數 ($i=1,2,3 \dots n$) 觀測했을 경우

第 1 要素 作業의 1 回 觀測時間值는

$$X_{11} = X'_{11} - X'_{10} = t_{11} - \epsilon_{10} + \epsilon_{11}$$

에 의하여 求할 수 있으며,

第 2 要素 作業의 1 回 觀測時間值는

$$X_{12} = X'_{12} - X'_{11} = t_{12} - \epsilon_{11} + \epsilon_{12}$$

로 求할 수 있으므로

第 j 要素 作業의 i 回 觀測時間值는

$$X_{ij} = X'_{ij} - X'_{ij-1} = t_{ij} - \epsilon_{ij-1} + \epsilon_{ij}$$

에 의해서 求할 수 있다.

$X'_{11}, X'_{12}, X'_{13} \dots X'_{ij} \dots X'_{nk}$ 는 各 各 獨立

累積觀測時間值이므로 X_{ij} 의 分散 $\sigma_{X_{ij}}^2$ 은 σ_r^2 , σ_m^2 , σ_d^2 , σ_s^2 을 合한 것이 되므로

$$X_{ij} = t_{ij} - \epsilon_{ij-1} + \epsilon_{ij}$$

의 分散은

$$\begin{aligned} \sigma_{X_{ij}}^2 &= \sigma_{t_j}^2 + (\sigma_d^2 + \sigma_m^2 + \sigma_r^2 + \sigma_s^2) + \\ &\quad (\sigma_d^2 + \sigma_m^2 + \sigma_r^2 + \sigma_s^2) \\ &= \sigma_{t_j}^2 + 2(\sigma_d^2 + \sigma_m^2 + \sigma_r^2 + \sigma_s^2) \end{aligned}$$

이 된다.

K個의 要素作業을 각 n회씩 觀測하여 各 要素作業時間을 推定할 경우, 第 j 要素作業時間은

$$\bar{X}_j = \sum_{i=1}^n X_{ij} / n \text{ 으로 推定할 수 있으므로 推定值}$$

\bar{X}_j 의 分散은

$$\begin{aligned} \sigma_{\bar{X}_j}^2 &= V[\bar{X}_j] \\ &= \sigma_{t_j}^2 / n + 2(\sigma_d^2 + \sigma_m^2 + \sigma_r^2 + \sigma_s^2) / n \end{aligned}$$

式으로 求할 수 있다. 그리고 K個의 要素作業으로 合成된 한 Cycle 作業時間을 $\sum_{j=1}^k \bar{X}_j$ 로 推定한다

면 推定值 $\sum_{j=1}^k \bar{X}_j$ 의 分散은

$$\begin{aligned} \sigma_{ST(D)}^2 &= V\left[\sum_{j=1}^k \bar{X}_j\right] \\ &= \sum_{j=1}^k \sigma_{t_j}^2 / n + \sum_{j=1}^k 2(\sigma_d^2 + \sigma_m^2 + \sigma_r^2 + \sigma_s^2) / n \\ &= \sum_{j=1}^k \sigma_{t_j}^2 / n + 2K(\sigma_d^2 + \sigma_m^2 + \sigma_r^2 + \sigma_s^2) / n \end{aligned}$$

式으로 求할 수 있다. 만약 K個 要素作業의 分散이 모두 同一하다면

$$\sigma_{t_1}^2 = \sigma_{t_2}^2 = \sigma_{t_3}^2 = \dots = \sigma_{t_k}^2$$

이 되며

$$\begin{aligned} \sigma_{ST(D)}^2 &= V\left[\sum_{j=1}^k \bar{X}_j\right] \\ &= K \cdot \sigma_{t_1}^2 / n + 2K(\sigma_d^2 + \sigma_m^2 + \sigma_r^2 + \sigma_s^2) / n \end{aligned}$$

式으로 나타낼 수 있다.

2). 連續觀測을 할 경우

한 Cycle 作業을 n회 觀測할 경우와 Cycle 作業을 連續觀測할 경우의 分散은

(1). 每 Cycle 作業마다 分割하여 各 Cycle 作業을 n회 觀測할 경우, 한 Cycle 作業時間을

$$\sum_{i=1}^n (X'_{ik} - X'_{i-1,k}) / n \text{ 으로 推定하면,}$$

推定值 $\sum_{i=1}^n (X'_{ik} - X'_{i-1,k}) / n$ 의 分散은

$$\begin{aligned} \sigma_{ST(C)}^2 &= V\left[\sum_{i=1}^n (X'_{ik} - X'_{i-1,k}) / n\right] \\ &= \sum_{j=1}^k \sigma_{t_j}^2 / n + 2(\sigma_d^2 + \sigma_r^2 + \sigma_m^2 + \sigma_s^2) / n^2 \end{aligned}$$

式으로 求할 수 있다.

(2). Cycle 作業을 連續觀測할 경우에는 各 Cycle 作業中에서 最初 Cycle 作業의 開始時點과 最終 Cycle 作業의 終了時點에 대한 測定值만 얻어지고 中間 Cycle 作業의 測定值는 얻어지지 않는다. 連續觀測에서 한 Cycle 作業에 대한 時間值를 $(X'_{nk} - X'_{10}) / n$ 으로 推定하면, 推定值 $(X'_{nk} - X'_{10}) / n$ 의 分散은

$$\begin{aligned} \sigma_{ST(C)}^2 &= V[(X'_{nk} - X'_{10}) / n] \\ &= \sum_{j=1}^k \sigma_{t_j}^2 / n + 2(\sigma_d^2 + \sigma_r^2 + \sigma_m^2 + \sigma_s^2) / n^2 \end{aligned}$$

式으로 求할 수 있다.

上記 (1), (2)의 分散式이 同一한 것은 每 Cycle 作業을 分割해서 觀測해도 Cycle 作業을 合하면 中間의 測定誤差 分散은 相殺되고 結局 最初 Cycle 作業의 測定 開始時點과 最終 Cycle 作業의 測定 終了時點의 分散만이 問題가 되기 때문이다. 여기서 (1)과 (2)를 區分한 것은 測定 對象 Cycle 作業에 異常值가 發生하였을 경우 (1)에 의한 觀測에서는 確認이 되지만 (2)에 의한 觀測에서는 確認이 困難하다. (1)의 觀測方法으로 測定할 경우는 測定 對象 Cycle 作業이 安定狀態에 있다는 條件 아래서 適用이 可能하다.

5. 양 관측방법의 측정오차 분산의 비교 검토

한 Cycle 作業을 K個의 要素作業으로 分割하여 觀測할 경우와 Cycle 作業을 連續觀測할 경우 兩 觀測方法에 대한 分散式의 差는

$$\begin{aligned} \sigma_{ST(D)}^2 - \sigma_{ST(C)}^2 &= \left\{ \sum_{j=1}^k \sigma_{t_j}^2 / n + 2K(\sigma_d^2 + \sigma_r^2 + \sigma_m^2 + \sigma_s^2) / n \right\} - \left\{ \sum_{j=1}^k \sigma_{t_j}^2 / n + 2(\sigma_d^2 + \sigma_r^2 + \sigma_m^2 + \sigma_s^2) / n^2 \right\} \\ &= 2(nk-1) \cdot (\sigma_d^2 + \sigma_r^2 + \sigma_m^2 + \sigma_s^2) / n^2 \end{aligned}$$

이 되며 測定誤差의 分散인 兩 式의 第 2 項의 比를 求해 보면

$$\begin{aligned} \frac{\sigma_{ST(D)}^2 \text{의 第 2 項}}{\sigma_{ST(C)}^2 \text{의 第 2 項}} &= \frac{2K(\sigma_d^2 + \sigma_r^2 + \sigma_m^2 + \sigma_s^2) / n}{2(\sigma_d^2 + \sigma_r^2 + \sigma_m^2 + \sigma_s^2) / n^2} \\ &= nK \end{aligned}$$

이다. 이는 K個 要素作業으로 分割하여 觀測했을 경우의 測定誤差의 分散이 Cycle 作業을 連續觀測했을 경우의 測定誤差의 分散에 比하여 nK배의 測定誤差 分散이 더 發生한다는 것을 알 수 있다.

$\sigma_{ST(D)}^2$ 과 $\sigma_{ST(C)}^2$ 의 分散 比에도 同一한 結果를 얻을 수 있다.

6. 결 론

스톱·워치에 의한 作業測定 時에 Cycle 作業을 K個의 要素作業으로 分割하여 觀測했을 경우와 連續적으로 觀測했을 경우 兩 觀測方法에 대한 測定誤差의 分散을 比較 檢討한 結果, 要素作業으로 分割하여 觀測했을 경우가 Cycle 作業을 連續觀測했을 경우의 測定誤差의 分散에 比하여 nK배 더 생긴다는 것을 알았다.

從來의 要素作業의 信賴도와 精度만을 基礎로 해서 作業測定에 必要한 觀測回數를 決定하는 것보다 더욱 信賴도가 높은 觀測回數 決定을 위해서는 要素作業으로 分割하여 觀測할 경우와 Cycle 作業을 連續觀測할 경우의 測定誤差의 分散 差를 考慮하여 所要 觀測回數를 決定하는 것이 보다 合理的인 것이다. 本 研究의 理論的 結果를 立證하기 위한 實驗이 뒷받침되지 못한 것이 結果에 대한 信憑성을 疑心할 所持가 있으나 次後, 이에 대한 實驗을 實施하여 立證토록 하겠다.

참 고 문 헌

1. Barnes, R.M, Motion and Time Study, John Wiley and Sons, New York, 1958
2. Benjamin, W.N, Motion and Time Study, 6th ed, Richard D. Irwin Inc., 1976
3. Krick, E.V, Methods Engineering, John Wiley and Sons, New York, 1962
4. Maynard, H.B, Methods Time Measurement, McGraw Hill Book Co., New York, 1963
5. Mundel, M.E, Motion and Time Study Principle and Practices, Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1970
6. Nadler, G, Motion and Time Study, McGraw Hill Book Co., New York, 1955
7. Niebel, B.W. Motion and Time Study, Richard D. Irwin Inc., 1969
8. 日本 能率協會, 作業研究, 日本能率協會, 1959
9. 池永謹一, 作業研究の實務, 日本工業新聞社, 1964
10. 金永燁, 工業統計學, 清文閣, 1979
11. 李根熙, 作業管理, 創知社, 1977
12. 李舜堯, 作業管理, 傳英社, 1975
13. 李壽武, 最新作業管理, 理工圖書出版社, 1980