

基準의 變更에 따른 新值數 및 公差計算

—對話形式의 컴퓨터 프로그램개발—

玄 昌 憲* 金 聖 準*

The Calculation of New Dimension & Tolerance due to Change of Datum of Dimension

—Development of Interactive Computer Program—

Chang-Heon Hyun* Sung Joon Kim*

Abstract

In case that the datums chosen for dimension on engineering drawings are unsuitable for manufacturing and inspecting and inspection purposes and it is necessary to redimension the design from new datum, L. E. Farmer presented a theory for performing this change of datum, discussed a procedure for allocating tolerances to new dimensions and presented the procedure of change of datum as part of a computer aided design system.

This paper deals with the development of the interactive computer program which is insufficiently presented without all coding list of program by L. E. Farmer.

1. 서 론

어떤 機械要素가 考案이 되어 그 設計圖가 그려질 때, 도면에 치수와 公差를 기입하게 되는데, 이때 치수를 결정하기 위하여 사용된 基準(Datum)들이 그 치수를 加工하거나 검사할 때 사용되기에는 不適合한 경우^{1,2)}가 종종있다.

만일 이런 경우가 發生하여 새로운 基準이 사용된다면, 이 새로운 基準에 依해 치수들이 다시 결정되어야 하고 또한 公差도 다시 결정되어진 後, 圖面이 다시 그려져야 된다. 이 새로운 치수와 公差의 決定은 어떤 特定계산을 통해 이루어지는 것이어서, 決定해야 할 치수

와 公差가 많은 경우에는 많은 시간과 노력이 요구된다.

그러한 時間과 努力을 절약하기 爲한 研究가, 值數式 및 公差式이 線形인 경우에 대해 L. E. Farmer 에 依해서 이루어 졌으며, 그 結果³⁾로서는, CAD(Computer Aided Design)시스템의 한 對話形式의 컴퓨터 Program 이 開發 제시되었다.

그러나, 開發된 Program 中 제시된 部分은, 對話形 CAD 시스템의 使用者에게 所要入力情報를 要求하는 對話形式의 질문내용과 그 물음에 대해 使用者가 入力한 情報내용 및 그것을 使用하여 계산된 치수 및 公差의 結果가 Table 의 形式을 갖추어 出力되는 程度일 뿐이며, 이

*江原大學校 工科大學 機械工學科 助教授

*Assistant Professor, Dep't of Mechanical Engineering, Kangweon National University

러한 出力이 可能토록 하는 Program의 Coding 明細(Coding List)는 出力이 되지 않도록 되어 있다.

그래서, 위와 같은 出力情報를 여러 종류의 문제의 경우에 對해 알아 보려고 하여도, 國內에는 그러한 Program이 없기 때문에 어쩔 수가 없는 형편이다.

만일 이러한 Program을 國內에서 開發하여 그것을 一般 컴퓨터에 기억시켜서는 機械要素의 設計 및 그 교육에 使用한다면 그 波及效果가 클 것임은 물론이고, 國產 CAD 시스템의 製作時 그러한 Program을 첨가시켜 그 機態을 확대 시킨다면, 國際市場에서의 경쟁력이 한층 強化될 것이라 생각이 된다.

이러한 要求에 부응하기 위하여, L. E. Farmer가 開發한 對話形式의 컴퓨터 Program을 國內에서 開發하는 것을 本 研究의 目的으로 한다.

2. 值數式과 公差式의 特性

Y_i 를 먼저 채택된 基準面에서부터 定해지는 值數, X_j 는, Y_i 치수 決定時 사용된 基準面이 製作이나 檢査時에는 不適合하기 때문에, 새로 채택된 基準面에 의해 定해지는 치수라고 한다.

이때, X_j 와 Y_i 사이에는 함수관계가 있어 一般적으로 다음과 같이 나타낼 수 있다.³⁾

$$Y_i = F(X_1, X_2, \dots, X_j), \quad (\text{단}, 1 \leq i, j \leq n) \quad (1)$$

그리고, y_i 를 Y_i 의 치수公差, x_j 를 X_j 의 치수公差라 하면, x_j 와 y_i 사이에는 함수관계가 있어 다음과 같이 나타낼 수 있다.³⁾

$$y_i \geq f(x_1, \dots, x_j), \quad (\text{단}, 1 \leq i, j \leq n) \quad (2)$$

式 (1), (2)에서 함수들의 具體적인 形態는, 경우마다 다르나 本 研究에서는 線形의 경우만 취급하기로 한다.

간단을 기하기 위하여, Fig. 1.의 경우를 本 研究의 代表的인 例로 내세우기로 한다. □는 기준면(Datum Surface)이고, ①, ②, ③은 X_j 에 의해 정해지는 면들이다.

그러면, 式 (1)과 (2)는 다음과 같이 된다.³⁾

$$\begin{cases} Y_1 = X_1 \\ Y_2 = X_1 - X_2 \\ Y_3 = X_3 - X_2 \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{cases} y_1 \geq x_1 \\ y_2 \geq x_2 + x_1 \\ y_3 \geq x_2 + x_3 \end{cases} \quad (4)$$

式 (3), (4)에서 Y_i, y_i (단, $i=1, 2, 3$)는 그 값이 미리 주어지는 變數들이고, X_j, x_j (단, $j=1, 2, 3$)는 그 값이, 앞으로 계산되어, 出力되어야 할 變數들이다.

이 중에서 X_j 는, 式 (3)의 解를 求함으로서 얻어진다. 다음에, x_j 는 式 (4)를 만족시켜야 됨은 물론이고, 그러한 解中에서도 가장 큰 것이라야 한다. 이러한 조건을 만족시키는 x_j 를 求하는 일은 最適公差를 求하는 문제가 되고 이에 對한 논의는 項3에서 계속하기로 한다.

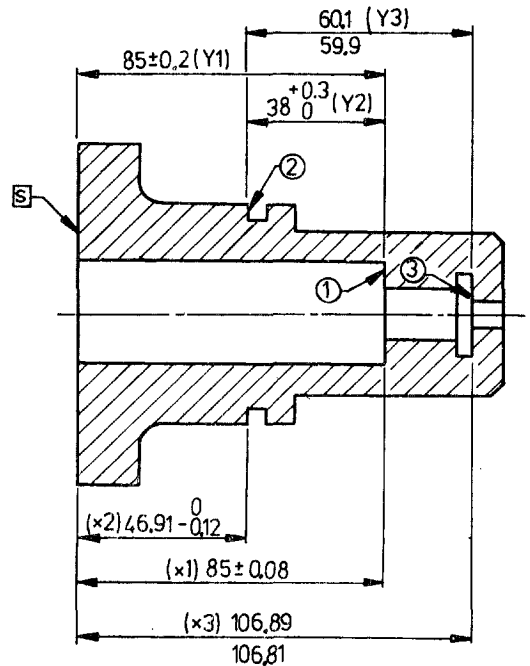


Fig. 1. Example of a change of datum for a single datum

3. 加工의 難易度를 고려한 公差의 割當問題

公差의 割當問題를 다루는 데에 있어서 根本적으로 고려되어야 할 點은, ^{7,8)} 費用을 最小로 들이면서, 혹은 이윤을 最大로 하면서, 機能은 最大로 發揮할 수 있게끔 公差가 割當되어야

한다는 點이다.

그런데 一般的으로 그와 같은 意思決定을 하기 爲하여 使用되어져야 할 費用에 關한 資料가 別로 없어서, 이에 相應할만한 근거에 의해 適公差最를 割當하는 問題를 다루어야 되는 것이 대부분이다.

L. E. Farmer 는 구멍과 축의 끼워맞춤에 있어서 ISO 시스템⁴⁾에 使用된 式, 즉 IT 값에 의해 加工의 難易도가 고려된 式

$$x_j = (0.45\sqrt[3]{\bar{x}_j} + 0.001X_j) \cdot 10^{(IT-16)/5} \text{ (mm)} \quad (5)$$

를 큰 誤差없이 一般 다른 形狀의 치수와 公差에 대하여도 使用할 수 있다고 가정하여, 式(2), (4)와 같은 問題에 使用되는 x_j 의 初期값을 계산하였다.

本 研究도, L. E. Farmer 가 開發한 Program 을 그대로 同一하게 開發하는데 그 目標을 두고 있으므로, 이와 같은 式(5)에 의해 x_j ($j=1, 2, 3$) 값을 계산하고 그것을 式(4)의 초기공차(Initial Tolerance)로 한다.

式(5)의 使用時 필요한 IT 값은 Table. 1에 있다.

Table 1. Accuracy which can be expected from machining processes under average conditions (based on BS1916: Part 2 : 1953(5))

Machining process	Tolerance grade
Drilling	12
Coarse turning and boring	11
Milling, slotting and planing	10
Horizontal or vertical boring	9
Reaming	8
Turning and boring	8
Coarse grinding	7
Fine turning and boring	7
Broaching	7
Honing	7
Grinding	6
Fine honing	6
Fine boring (jig borer)	5
Fine grinding	5
Maching lapping	5

다음에 위에서 계산된 초기공차 x_j 를 經濟性을 고려되어 제정한 表準公差(Standard Tolerance)들의 모임인 Table. 2에 비추어 보아 式(4)를 만족시키면서 同時에 Table. 2에 屬하고 또한 x_j 보다는 可能限한 더 큰 값을 決定하여 그것을 最適割當公差(Optimal Allocation Tolerance)로 한다. 그 決定의 具體的인 方法은 다음 項4에서 說明된다.

Table 2. Standard tolerances for liner dimensions(mm) (from Gladman (6))

	0.0010	0.010	0.10	1.0
	0.0012	0.012	0.12	1.2
	0.0016	0.016	0.16	1.6
0.0002	0.0020	0.020	0.20	2.0
	0.0025	0.025	0.25	2.5
	0.0032	0.032	0.32	3.2
0.0004	0.0040	0.040	0.40	4.0
	0.0050	0.050	0.50	5.0
0.0006	0.0060	0.060	0.60	6.0
0.0008	0.0080	0.080	0.80	8.0

4. Program 의 開發

(1) 入力情報

- ① 변경되어야 할 치수의 總數
- ② Y_i 의 값
- ③ y_i 의 形態 및 그 값
- ④ X_j 를 加工하는데 使用된 加工法 및 그 難易度 값
- ⑤ x_j 의 形態
- ⑥ Table. 2의 數值資料

(2) 出力情報

- ① 對話形式의 入力情報 要求文章
- ② X_j 의 값
- ③ x_j 의 값 및 形態, 最適割當公差(Optimal Allocation Tolerance)와 初期公差(Initial Tolerance)
- ④ X_j 를 加工하는데 使用된 加工方法 및 그 難易度 값

(3) 主要 알고리즘(Algorithm)

위 項 (1)의 入力데이터를 읽어서 項 (2)의 出力데이터를 얻어내기 위해 적용된 알고리즘 중에서, 최적할당공차(Optimal Allocation Tolerance)를 求하기 위한 내용은 다음과 같다.

STEP1: 式 (5)에 依해 초기공차 x_j 값을 계산한다.

STEP2: Table2의 값들이며 x_j 보다 큰 값들을 可態限한 큰 것으로 택한다. (이것을 \bar{x}_j 라 表記하고, 割當公差 (Allocation Tolerance)라 부른다.)

STEP3: \bar{x}_j 를 式 (4)에 代入한다.

STEP4: 式 (4)가 만족되는지 조사한다.

STEP5: 式 (4)가 만족되면: GO TO STOP
그렇지 않으면, GO TO STEP 6

STEP6: 변수의 총수를 k 라 한다.

STEP7: X_k 의 모든 \bar{x}_k 中 가장 적은 값을 擇한다.

STEP8: 이 最小할당 공차가 포함된 式들의 부등호의 成立여부 조사

STEP9: 成立하면, GO TO STOP
그렇지 않으면, X_k 의 IT값 IT $_k$ 를 1단큼 줄인다.

STEP10: IT $_k$ 가 最小값인 5이면, GO TO STEP 11, 그렇지 않으면 GO TO STEP 13

STEP11: 현재의 k 값에서 1을 빼다.

STEP12: $k \neq 0$ 이면, GO TO STEP13
 $k = 0$ 이면, GO TO STOP

STEP13: 式 (5)에 依하여 x_j 의 초기공차를 求함. 다음에 GO TO STEP 7.

(4) Program 의 構成 및 순서도

開發된 Program은 主 Program外에 Subroutine Subprogram 6個로 이루어진다. 各 Subroutine 의 명칭과 그 역할은 아래와 같다.

① INPUTDA: 必要한 정보入力用. 對話形式으로서 入力시켜야 할 내용을 알려줌.

② NEDA: y_i 값中 양측공차(Bilateral Tolerance)가 아닌 것은 양측공차화 하기 위한 Program

③ DIMX1: $Y_i = F(X_1, \dots, X_j)$ 관계식을 통하여 X_j 의 값을 계산

④ ACTOLX1: 式 (5)를 使用하여 초기공차 x_j 계산

⑤ DTYX: 式 (4)의 만족여부 조사용 Program

⑥ MODIFY: 式 (4)가 만족되지 않는 경우 x_j 값을 변경하는데 使用하는 Program

위와 같은 構成과 項 (3)의 主要 알고리즘으로 이루어진 本 Program 의 순서도는 Fig. 2와 같다.

(5) Program 의 작동결과의 비교 검토

앞에서 開發된 Program을 Cyber 170-720D Computer에 기억시켜, 例로서 Fig. 1의 機械要素에 관련된 所要入力報報를 對話形式으로 入力한 結果, 所要出力情報가 <부록>에 보는 바와 같이 出力되었다.

L. E. Farmer가 開發한 Program의 作動中 出力되는 내용과 本 研究의 結果로 개발된 Program의 作動中 出力되는 내용과의 差異는 다음과 같다.

① 새로이 계산된 치수 및 공차의 出力 結果는 同一하다.

② 所要情報를 入力하라는 對話形式의 질문문장의 表現양식에 차이가 있다. 즉, Line 1에서 Line13까지의 入力정보가 L. E. Farmer의 경우는 內에 표시되는데에 비해, 本 研究에서 開發된 Program의 경우는, 入力정보를 要求하는 各 文章의 바로 아래에 그 入力정보가 기록된다.

이러한 差異는, 表現양식을 어떻게 設計하느냐에 따라 달라지는 것이며. 또한 어느 表現양식이 좋으냐 하는 것은 使用者의 기호에 따라 左右되는 것이어서 別意味가 없는 것이라 할 수 있다.

5. 결 론

設計圖面上에서 처음 定해진 基準(Datum)이 變便될 경우, 그에 따른 새로운 치수와 公差의 값을 계산하기 위한 컴퓨터 Program이 開發되어, 앞서 開發된 L. E. Farmer의 것과 비교 검토가 있었다.

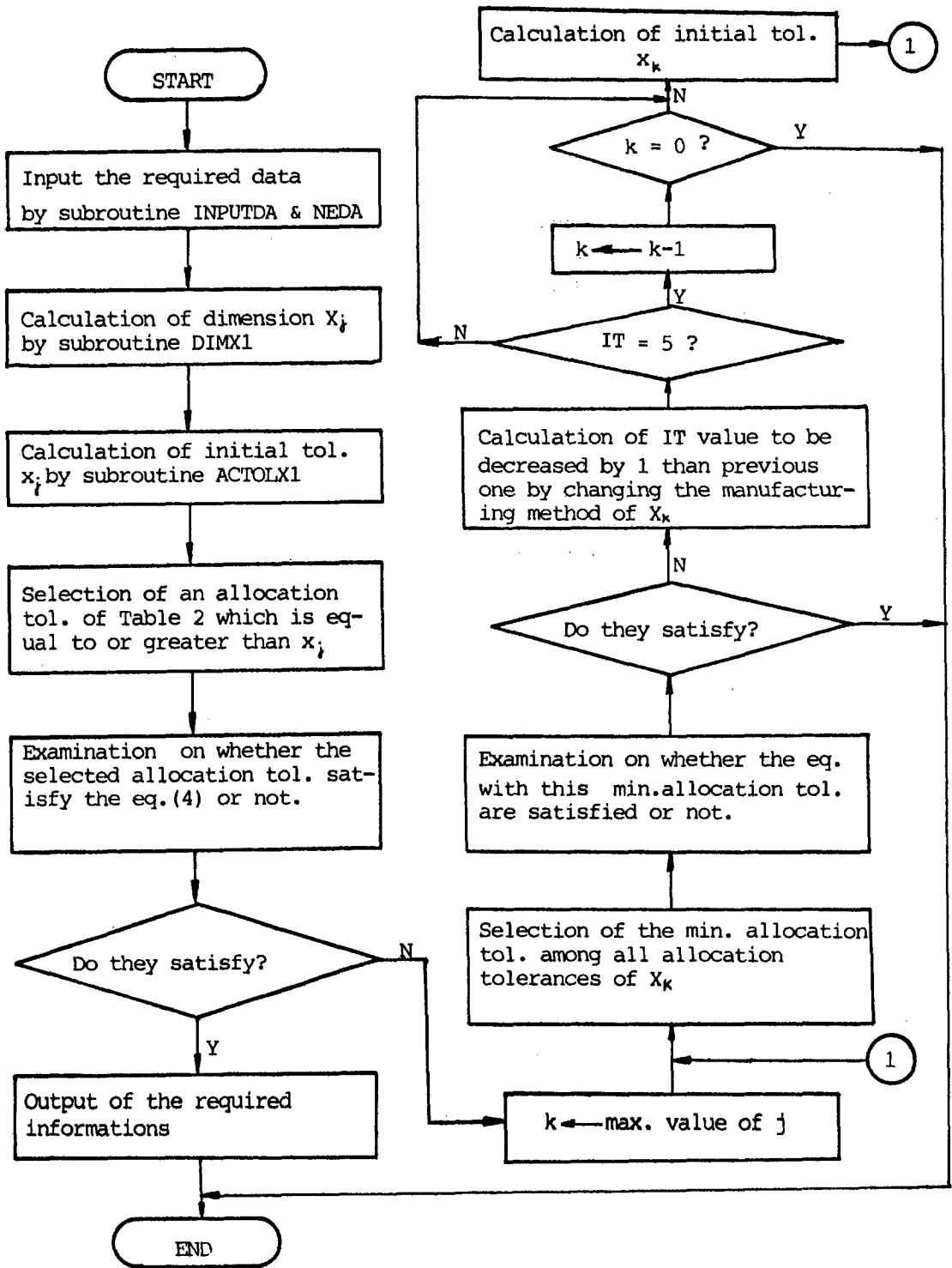


Fig. 2. General flow chart

入力情報要求用, 對話形式의, 질문문장表現 양식에 미소한 차이가 있을 뿐이다.

Program 의 所要出力結果가 <부록>에 보여졌다.

이 Program 은 現場에서 어떤 機械要素의 設計時에 使用될 수 있음은 勿論, 大學校 기계설계 교육에도 使用될 수 있다. 또한 國產 CAD시스템의 제작시에도 그 시스템에 採用되고 있는 컴퓨터의 機種에 알맞게 조금만 변경시키면, 그대로 시스템 Program 으로 使用할 수 있다. 널리 使用되길 바란다.

References

1. Ministry of Supply, "Dimensional Analysis of Engineering Designs," Vol., Components, London, P. 16, (1948).
2. C. A. Gladman, "Manual for Geometric Analysis of Engineering Designs", Austrian Trade Publications, Sydney, P. 12, (1966).
3. L. E. Farmer and A. G. Harris, "Change of Datum of the Dimensions on Engineering Design Drawings", Int. J. Mach. Tool. Design and Res., Vol. 24, No. 4, pp. 267-275, (1984).
4. International Standards Organization, ISO/R286-1962, "ISO system for Limits and Fits-Part 1: General, Tolerances and Deviations," ISO(1962).
5. British Standards Institution, BS 1916: Part 2: 1953 "Guide to the Selection of Fits", British Standards Institution, London(1953).
6. C. A. Gladman, "Manual for Geometric Analysis of Engineering Designs", Austrian Trade Publications, Sydney. P. 126, (1966).
7. M. F. Spotts, "Design of Machine Element", Prentice-Hall, Inc., P. 577, (1978)
8. Vijay Gupta, "An introduction to Engineering Design Method", McGraw-Hill publishing co., P. 113, (1980).

<부 록> The results of program execution

ENTER NO. OF DIMENSIONS TO BE CHANGED (MAX=20) (FROM=12)

3

ENTER TYPE OF TOLERANCE FOR Y1
'L' LIMITS OF SIZE 'U' UNILATERAL OR 'B' BILATERAL

B

ENTER DIMENSION FOR Y1 (FORM F7.3)

85.000

ENTER TOLERANCE (FORM F7.3)

.200

ENTER TYPE OF TOLERANCE FOR Y2
'L' LIMITS OF SIZE 'U' UNILATERAL OR 'B' BILATERAL

U

ENTER DIMENSION FOR Y2 (FORM F7.3)

36.000

ENTER UNILATERAL TOLERANCE (FORM F7.3)

.300

ENTER TYPE OF TOLERANCE FOR Y3
'L' LIMITS OF SIZE, 'U' UNILATERAL OR 'B' BILATERAL

L

ENTER BOTTOM LIMIT FOR Y3 (FORM F7.3)

59.900

ENTER TOP LIMIT FOR Y3 (FORM F7.3)

60.100

HOW ARE THE NEW DIMS(X) RELATED TO INITIAL DIMS(Y) ?
ENTER 'BI', 'LI', 'U+' OR 'U' UNDER COLUMN HEADED 'TOL'
(TO SPECIFY TOLERANCE TYPE FOR EACH X)
FOLLOWED BY : +, - OR BLANK UNDERNEATH EACH Y COLUMN.

IN THE COLUMN HEADED 'P' ENTER ANY LETTER A-O CORRESPONDING TO
THE MACHINING PROCESS TABLE BELOW AND
IN THE COLUMN HEADED 'D' ENTER 1 OR 2 FOR DEGREE OF DIFFICULTY.

	TOL	Y	Y	Y	P	D
	1	2	3			
X1	BI	+			F	1
X2	U-	+	-		F	1
X3	LI	+	-	+	F	1

0 LIST OF NEW DIMENSIONS AND TOLERANCES

	DIMENSION	ALL TOL.	PRCSS	DIFF.	ACHIEVABLE TOL.
X(1)=	85.000 +/- .060	.120	8.000	1.000	.104
X(2)=	46.950 - .100	.100	8.000	1.000	.084
X(3)=	106.890 / 106.810	.080	7.000	1.000	.071