

CAD 시스템에 의하여 작성된 기계도면의 자동검증시스템에 관한 연구

이 성 수*

A Computer Aided Automatic Verification System for Mechanical Drawings Drawn with CAD System

Seoung Soo Lee*

ABSTRACT

Most of existing CAD systems do not provide the advanced function for systematic checking of design and drafting errors in mechanical drawings. We have reported a computer aided drawing check system to single plane projection drawings made by a CAD system. This paper describes a checking method of dimensioning errors in mechanical drawings. The checking items are deficiency and redundancy of dimensions, input-errors in dimension figures and symbols, etc. Checking for deficiency and redundancy of global dimensions has been performed applying Graph Theory. This system has been applied to several examples and we have confirmed the feasibility of this checking method.

Key Words: CAD, drawing check system(도면검증시스템), drawing error(도면에러), local dimension(국소치수), chamfer(모따기), round and fillet(둥금새), circular arc(원호), global dimension(대국치수), topological dimension(위상치수), dimension graph(치수그래프)

1. 서론

최근 CAD시스템을 이용한 설계도면의 작성이 급속히 증가하고 있는 것은 잘 알려져 있는 사실이지만, 이러한 CAD시스템을 이용하여 작성한 설계도면(이하 CAD도면 이라고 부르기로 함)에도 제도판위에서 직접 제도를 이용하여 작성하던 기존의 도면과 마찬가지로 여러 가지 에러가 포함되어 있어서 CAD도면에 대한 자동검증의 필요

성이 절실히 요구되고 있다.

그러나 CAD도면의 자동검증에는 특별한 방법이나 대책이 없이 CRT화면이나 플로터에 의한 출력도 등을 직접 검증자가 눈으로 확인하면서 검증을 하고 있는 것이 현재의 상황이다.^(1,2)

한편, CAD도면은 이미 설계된 내용을 제도법에 기초하여 작성하게 되며, 이러한 설계도면의 데이터는 일반적으로 컴퓨터 시스템 내부에 화일로 저장된다. 따라서 제

* 건국대학교 기계설계학과

도법에 관한 규칙을 프로그래밍화하여 컴퓨터를 이용하여 CAD도면 데이터에 대한 검사를 할 수 있다면 설계도면의 에러를 발견 정정하는 것은 가능할 것이다.

CAD도면에 관한 연구로는 자동치수기입이나 치수를 변경할 때 관련치수의 변환에 관한 연구^(3~6), 도면이 정확하게 작성되었는가에 관한 연구⁽⁷⁾는 일부 보고되고 있으나 CAD도면의 치수검증이라는 관점에서의 연구는 되어 있지 않다.

그래서 저자는 CAD시스템에 의하여 작성된 기계부품의 설계도(정면도, 평면도 및 측면도로 구성된 삼면도)에 대한 컴퓨터지원 자동검증시스템의 개발을 목적으로 연구를 하고 있으며, 지금까지는 하나의 도면(이하 일면도라고 부름)을 대상으로 설계도면의 정보를 기하정보, 기능정보, 제작정보로 분류하고, 이 중에서 기하정보의 치수에 대한 검증에 관하여 보고하였다^{(8)~(12)}.

본 논문에서는 삼면도로 작성된 기계부품의 CAD도면을 대상으로하여 자동치수검증의 방법을 제안하고, 실제로 구축한 검증시스템을 이용하여 검증을 함으로써 검증시스템의 유효성을 확인하기로 한다.

2. 문제의 설정

본 연구에서 이용한 대상도면은 도면구성요소로써 외형선, 숨은선, 중심선, 치수선, 치수보조선, 지시선, 치수 및 치수기호를 포함한다. 또한 대상도면은 다음의 조건을 만족하고 있다.

- 1) 도형은 삼각법으로 작성한다.
- 2) 삼면도의 축방향으로는 x축(폭), y축(높이), z축(깊이)의 3방향으로 한다.
- 3) 도형은 직선, 원, 원호로 구성된다.
- 4) 도형자체는 바르게 되어 있다.
- 5) 도형은 자유곡면을 포함하지 않는다.
- 6) 도면은 부분투영도, 단면도를 포함하지 않는다.

단, 폴리의 구멍위치 등과 같이 치수를 극좌표로 표시한 회전체는 대상외로 하고 있으며, 도면 형상에 관한 제한은 다음과 같다.

(1) 모따기의 단점을 공유하는 외형선은 모따기를 나타내는 외형 선보다 길다.

(2) 둥근새 및 원호의 단점을 공유하는 도형요소는 직선이다.

이상의 설정조건과 도면형상에 대한 제한조건하에서 다음의 검사항목

- a) 치수 및 구멍 개수의 미기입
- b) 기입치수와 도형형상치수와의 일치여부
- c) 치수선의 기입부족
- d) 치수선의 과잉기입에 대하여 검증을 한다.

특히, 일반적인 CAD 시스템의 경우에는 치수를 기입하려는 두 지점을 지정하면, 지정된 두 지점 사이의 거리를 계산하여 자동적으로 치수를 기입하고 있기 때문에 검사항목b)는 필요하지 않을 수도 있다. 그러나, 실제 도면에서는 도면 자체는 수정하지 않고, 도면의 치수만 수정하여, 이로 인한 도면의 문제가 발생하는 예도 있기 때문에, 본 연구에서는 검사항목b)도 검증대상에 포함시키고 있다.

3. 본 론

설계도면의 치수에 대해서는 여러 가지 분류가 있으나, 본 연구에서는 도면의 치수를 크게 『국소치수(Local Dimension)』와 『대국치수(Global Dimension)』로 분류하고 있다. 국소치수는 모따기(Chamfer), 둥근새(Round and Fillet), 구멍(Circle or Hole), 및 원호(Circular arc)의 크기를 나타내는 치수로, 치수의 변경이 다른 도형요소의 치수 변화에 직접적으로 영향을 미치지 않는 치수로 정의한다. 대국치수는 부품의 형상의 크기를 나타내는 치수와 구멍 등의 위치를 나타내는 치수로, 대국치수의 변경은 도형 또는 다른 도형요소의 치수에 직접적으로 영향을 미치는 치수를 의미한다.

도면치수를 국소치수와 대국치수로 분류하는 이유는 도면의 치수를 국소치수와 대국치수로 나누어 검증을 하기 위하여서 이다. 왜냐하면, 일반적인 도면검증 방법은 우선적으로 물체의 형상을 나타내는 대국치수의 검증을 한 후에 상세부인 국소치수의 검증을 하고 있으나, 컴퓨터 지원에 의한 도면검증 시스템의 개발을 목적으로 한, 본 연구에서는 우선 도면의 국소치수에 대한 검증을 한 후에, 국소치수 검증이 끝난 부분에 대해서는 대국치수 검증시에 검증대상에서 제외하는 방법을 택하고 있기 때문이며, 그 이유는 국소치수의 검증은 대국치수의 검증에 영향을 미치지 않고 실행할 수 있기 때문이다.

한편, 기계도면은 삼각법을 기본으로 하여 삼면도로 작성하는 경우가 많다. 삼면도는 대상물체를 세군데의 방향에서 바라보고 작성한 투영도이기 때문에 각 도면은 서로 밀접한 관계가 있다. 따라서, 삼면도에서는 어느 한 부분

의 치수를 하나의 투영도에 기입하면 다른 두개의 투영도에는 치수기입을 생략한다. 즉, 각각의 투영도를 일면도로 보아 일면도에 대한 치수검증을 3회 반복하는 것으로는 충분한 검증을 할 수가 없다.

삼면도에서는 대국치수를 주로 정면도에 기입한다. 그러나 정면도에 기입하면 혼동하기 쉬운 치수 및 이해하기 곤란한 치수는 평면도 또는 측면도에 기입하는 것이 일반적인 치수기입 방법이다^{(13),(14)}. 따라서 삼면도의 대국치수를 검증하려면, 정면도, 평면도 및 측면도에서의 대응도형요소와 기입치수를 비교하면서 검증을 하지 않으면 안 된다.

3.1 삼면도의 국소부

그림1에서 (b)는 (a)에 표시한 물체에 구멍가공을 한 후의 입체도이며, (c)는 (b)에 표시한 물체에 모따기 및 등금새 가공을 한 후의 입체도를 나타내고 있다. 즉, (c)는 (a)에 표시한 대상물체에 모따기, 등금새 및 구멍의 국소부 가공을 한 물체의 입체도를 나타낸다.

그림에 표시한 바와 같이 모따기, 등금새, 원 등은 대상물체를 가공함에 따라 새로이 생기는 부분으로 생각할 수 있다. 여기에서는 이러한 모따기, 등금새, 구멍 및 원호를 삼면도의 국소부로 취급한다.

그림2의 (a), (b) 및 (c)는 그림1에 표시한 각각의 입체도에 대응하는 삼면도이다. 그림에 기입되어 있는 숫자는 도형요소의 단점(End point)을 나타낸다.

그림(b)는 구멍이 있는 경우의 삼면도이다. (b)의 평면

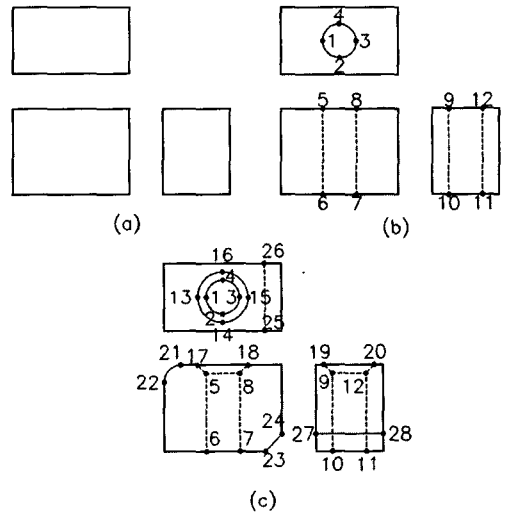


Fig.2 Examples of third angle projection drawing

도의 원에 기입되어 있는 숫자 1,2,3,4는 원의 중심을 통과하는 수평선(또는 수직선)과 원과의 교점을 나타낸다. 여기에서는 이러한 교점을 『원호상의 단점』이라고 부르기로 한다. 삼면도에서는 원호상의 단점에 관련된 도형요소를 나타내는 경우도 있고, 생략하는 경우도 있다. (b)의 정면도에서 숨은선(隱線)인 선분 5-6과 8-7, 측면도의 선분 9-10과 12-11은 그림1의 (a)에 나타난 대상물체에 구멍가공을 함으로써 2차적으로 생긴 선분으로 생각할 수 있다. 이와같이 국소부의 가공에 의하여 2차적으로 생긴 도형요소를 『2차적도형요소(Secondary drawing element)』라고 부르기로 한다.

2차적도형요소에는 평면과 평면 사이의 모따기에 의하여 생기는 직선, 평면과 원통면 사이의 모따기에 의하여 생기는 직선과 원이 있다.

한편, 등금새부의 곡면과 이곳에 접하는 평면 또는 곡면이 접하는 경우에는 면과 면 사이의 교선은 작도하지 않는다. 따라서 (c)의 평면도의 등금새(원호21-22)가 시작되는 점(이하 시작점이라고 부름)과 끝나는 점(이하 끝점이라고 부름)에 관한 2차적인 도형요소는 평면도에도 측면도에도 존재하지 않는다. (c)의 평면도에 표시한 선분 25-26과 측면도에 표시한 선분 27-28은 모따기 23-24에 관련된 2차적인 도형요소이고, 평면도 중의 원 13-14-15-16, 정면도의 선분 5-8 및 측면도의 선분 9-12는 구멍에 모따기를 함으로써 생긴 2차적인 도형요소를 나타낸다.

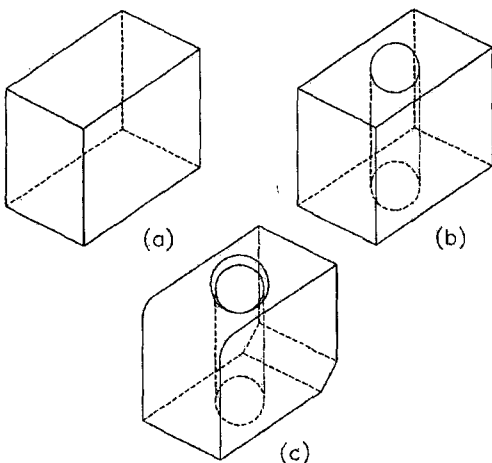


Fig.1 Examples of outside drawing

삼면도에서 모따기와 등금새에 대한 국소치수는 국소부에 직접 기입하는 경우가 많다. 그러나 원과 원호의 경우에는 2차적 도형요소에 치수를 기입하는 경우도 있기 때문에 국소부의 치수검증을 하기 위해서는 2차적 도형요소의 인식이 필요하다. 표1은 국소부와 국소부에 관련하여 생기는 2차적인 도형요소의 종류 및 2차적 도형요소에 대한 치수의 기입상황을 나타낸다.

Table 1 Secondary drawing elements and dimensioning of local parts

Local part	Secondary drawing element	
	Element	Dimensioning
Chamfer	Line_segment	few
	Arc_segment	
Round and fillet	Line_segment	few
Circle or hole	Line_segment	some
Circular arc	Line_segment	a few

3.2 국소치수검증방법

삼면도의 치수검증을 할 때, 검증자는 기준이 되는 투영도를 하나 선택하고, 그 투영도 중에 기입되어 있는 치수를 이용하여 검증을 한다. 이때 투영도에 치수가 없는 부분(도형요소)이 있는 경우에는 그 부분에 대응되는 도형요소를 다른 투영도에서 찾아내어 그곳에 기입되어 있는 치수를 이용하여 치수 검증을 하는 것이 일반적인 방법이다.

한편, 일면도의 경우에는 국소부의 검증을 한 후에 검증이 끝난 국소부에 대하여 도형처리를 함으로써, 국소부의 도형요소를 도면으로부터 제거하고, 도면을 간략화 하였다⁽¹¹⁾. 그러나 삼면도에 대하여 이와같은 처리를 하려고 하면 본래의 목적인 치수검증보다도 도면간략화를 위한 도형처리에 많은 시간이 소요된다. 그래서 여기에서는 삼면도의 국소부에 대한 치수검증을 한 후에 국소부의 도형요소와 국소부의 단점 또는 국소부(원호)상의 단점을 가지고 있는 도형요소에 대하여 평가치를 부여하여 판정하는 방법을 택하고 있다. 도형요소에 대한 평가치에는 1,2,3,4의 4개의 레벨을 설정하여 대국치수 검증시에는 주어진 평가치에 의하여 단점의 좌표값을 특징점데이터로 이용할지 여부를 판정한다.

국소치수의 검증은 1)국소부의 인식, 2)기입치수 유무의 판정, 3)기입치수와 도형형상치수와의 일치여부 판정, 4)치수생략 유무의 판정, 5)검증결과의 CRT화면표시의 순으로 한다.

3.3 대국치수검증방법

대국치수는 기하치수(Geometrical Dimension)와 위상치수(Topological Dimension)로 나누어 검증을 하는데, 기하치수는 대상 물체의 크기를 나타내는 치수와 위치를 나타내는 치수로, 직접 도면에 기입하는 치수를 의미한다. 위상치수는 도면의 어떤 부분에는 기입치수가 없어도 다른 기입치수를 이용하여, 그 부분의 치수가 결정되는 치수로 도면에 직접기입하지 않는 치수를 기하치수와 구분하여 위상치수라고 부른다.

삼면도의 대국치수검증에서 기하치수의 검증은 기입치수와 치수선을 조사하면 가능하다. 또 위상치수의 검증은 외형직선의 양단점 및 원의 중심 등과 같은 도형요소의 특징점(12)을 좌표축에 수직으로 투영하여 얻어진 투영 특징점과 치수선에 그래프의 정점과 변을 각각 대응시켜 그래프의 접속관계를 조사하면 가능하다^{(12),(15)}.

대국치수 검증은 정면도를 기준으로 하여 대상물체의 폭과 높이에 대한 치수검증을 하고, 치수가 없는 부분에 대하여 평면도 또는 측면도의 치수를 참조한다. 또 깊이 방향의 치수에 대해서는 측면도를 기준으로 하여 평면도를 참조하는 방법을 채택하고 있다.

이하에서는 설명의 편의상 x(폭) 및 y(높이)방향의 치수검증의 경우에는 정면도를 『기본도』라 부르고, 평면도, 측면도를 각각의 방향의 『참고도』라 부른다. z(깊이)방향의 치수검증에 있어서는 측면도를 『기본도』라 부르고, 평면도를 『참고도』로 부르기로 한다.

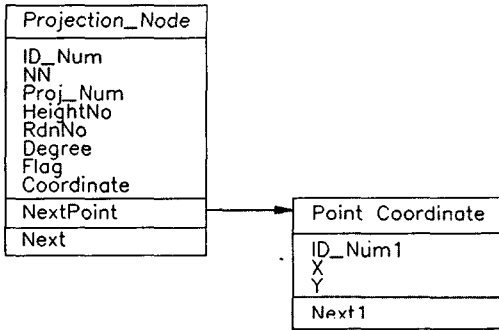
3.3.1 투영특징점

도형 자체는 바르게 작성되어 있다고 가정하고 있기 때문에 어떤 투영도내의 하나의 특징점에 대응하는 정보는 다른 투영도에도 존재한다.

여기에서 x방향의 특징점에는 정면도와 평면도의 도형요소의 단점을 이용한다. y방향의 특징점에는 정면도와 측면도의 도형요소의 단점을, z방향의 특징점에는 측면도와 평면도의 도형요소의 단점을 각각 특징점으로 이용한다.

투영특징점 데이터는 특징점 데이터를 이용하여 작성한다. 그림3은 투영특징점의 데이터 구조를 나타내고 있다. 그림중의 ID_Num은 Projection_Node의 일련번호를 기입하며, Coordinate항에는 투영특징점의 좌표값을 대입한다. NextPoint는 특징점을 가리키는 Pointer변수이고, Next는 다음의 투영특징점을 가리키는 Pointer변수이다. 투영도내에는 투영방향의 좌표값이 같고, 다른 한쪽 방향의 좌표값이 다른 도형요소가 두개 이상 존재할

경우가 많다. 이러한 도형요소에는 각각의 요소에 치수를 기입하는 경우와 한쪽에만 치수를 기입하는 경우가 있다.



*Projection_Node, Nextpoint, Point_Coordinate, Next1, Next : Pointer Variables

Fig. 3 Data structure of projection node

삼면도에서는 동일방향의 좌표값이 같은 도형요소가 두 개이상 존재하는 경우가 많으며, 이때 대응도형요소수의 비가 1:1인 경우와 1:N인 경우는 투영특징점 데이터를 하나만 작성하고, 그 비가 N:N인 경우는 N개의 투영특징점 데이터를, 그 비가 N:M인 경우는 적은 수만큼의 투영특징점 데이터를 작성하여 대국치수의 검증에 이용한다.

3.3.2 치수선의 참조

이미 기술한 바와 같이 삼면도에서는 정면도뿐만 아니고 평면도 및 측면도에도 치수를 기입한다. 따라서 참고도에 기입되어 있는 치수선이 지시하는 도형요소와 기본도의 도형요소가 대응되는 도형요소를 찾아내어 참고도에 기입되어 있는 치수선을 기본도의 도형요소의 치수선으로 고려한다. 다음에 치수선 참조에 대한 알고리즘을 설명한다.

1) 기본도에 있어서 치수선의 양끝이 지시하고 있는 도형요소의 투영특징점 데이터를 탐색하여, 미리 주어졌던 Flag값 0을 1로 수정한다.

2) 참고도내의 치수선의 양끝이 지시하고 있는 도형요소의 투영특징점 데이터를 기본도에서 탐색한다.

3) 탐색하여 찾아낸 기본도의 투영특징점 데이터의 Flag값이 0인지 여부를 판정한다.

- 한쪽 또는 양쪽의 투영특징점 데이터의 Flag값이 0인 치수선의 양끝과 투영특징점 데이터를 대응시킨다.
- 대응하는 투영특징점 데이터의 Flag값이 양쪽 모

두 1이고, 여기에, 기본도내에 대응하는 치수선이 있으면 CRT 화면에 치수선은 중복기입이라는 메시지를 표시하고, 치수선과 투영특징점 데이터를 대응시킨다.

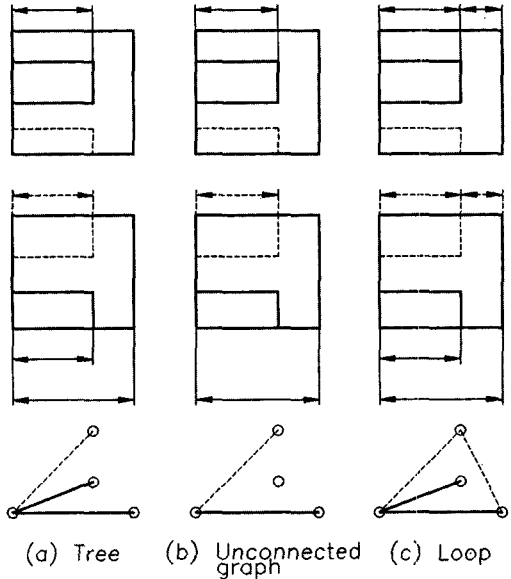


Fig.4 Reference of dimension lines and structure of dimension graph

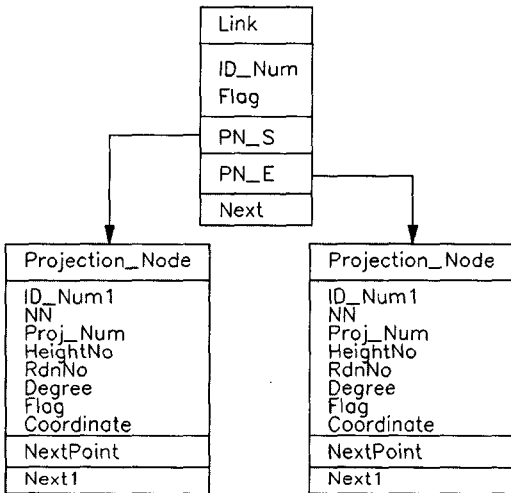
그림4의 정면도에서 파선으로 나타낸 치수선은 평면도의 치수선에서 참조한 치수선을 의미한다.

그림(a)는 치수선을 참조한 후의 치수그래프로 완전 Tree구조로 되어 있다. 따라서 필요로 하는 치수선은 충분하다. 그림(b)는 경로를 통하여 도달할 수 없는 고립점이 존재하여 치수선이 부족한 경우를 나타내며(부족치수선), 그림(c)는 경로에 루프(Loop)가 존재하고 있어 루프부에 치수선이 과잉기입되어 있음을 나타낸다(과잉치수선). 단 치수그래프 중에서 파선으로 나타낸 변은 참고도에서 참조한 참조치수선을 의미한다.

3.3.3 치수그래프의 탐색

참고도의 치수선을 참조한 후, 치수선 데이터와 투영특징점 데이터를 이용하여 링크데이터를 작성한다. 그림5는 링크데이터의 구조를 나타내고 있다. 그림의 Link는 x, y, 또는 z축에 평행한 치수선을 나타낸다. Link는 Record Type Pointer 변수로 ID_Num은 Link의 일련번호를 의미하고, Flag는 Link의 사용여부를 나타내고, PN_S와 PN_E는 투영특징점을 가리키는 Pointer변수로

각각 치수선의 양단이 가리키고 있는 투영특징점이다. Next는 다음의 Link를 가리키는 Pointer변수이다. 작성된 링크데이터에 그래프 이론⁽¹⁵⁾을 응용하여 링크데이터를 탐색한다.



* Link, PN_S, PN_E, Next, Projection_Node, Next1, NextPoint : Pointer Variables

Fig.5 Data structure of link

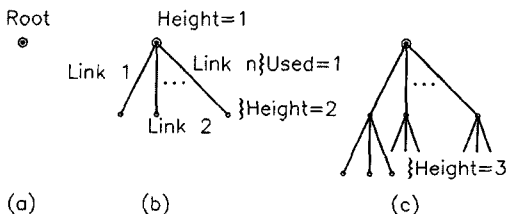


Fig.6 Search of dimension graph

치수그래프의 컴퓨터 내부에 있어서의 표현은 결국 링크데이터 그 자체이다. 치수그래프를 탐색하기 위해서는 우선 임의의 투영특징점(Projection_Node) 하나를 그래프의 루트(Root)로써 선택한다(그림6(a)참조). 다음에 링크데이터를 차례로 참조하면서 투영특징점을 조사하여, 임의로 선택한 투영특징점을 공유하는 링크를 모두 찾아낸다. 찾아낸 링크의 Flag값을 1로 고치고, 동 링크의 투영특징점의 HeightNo를 1로 한 다음에 이 링크의 또 다른 한쪽의 투영특징점의 HeightNo를 2로 한다(그림6(b)참조).

계속하여 HeightNo가 2인 투영특징점과 일치하는 투

영특징점을 갖고 있는 Flag값이 0인 링크를 모두 찾아낸다. 찾아낸 링크의 Flag값을 1로 고치고, 동 링크의 투영특징점의 HeightNo를 2로 한 다음, 또 다른 한쪽의 투영특징점의 HeightNo를 3으로 한다. 이러한 조작을 HeightNo가 2인 모든 투영특징점에 대하여 실시한다. 이상의 조작을 HeightNo를 1씩 증가시키면서 반복한다(그림(c)참조).

반복조작을 더 이상 할 수 없으면, 아직 이용하지 않은 투영특징점을 찾아내어 투영특징점의 HeightNo에는 직전 HeightNo의 최대값에 2를 더한 값을 대입하고, 앞에서 기술한 그래프의 탐색작업을 계속한다.

데이터의 RdnNo항에는 앞에 기술한 조작에서 투영특징점이 참조된 횟수를 대입한다. Degree에는 동일 투영특징점을 갖는 링크데이터의 수(이를 그래프이론에서는 線度라고 함)를 대입한다.

이상과 같은 조작으로 링크 데이터를 조사하여, 그림5에 나타난 Pointer변수를 조작 함으로써 치수그래프를 계산기 내부에서 구성할 수 있다.

4. 시스템구성과 검증프로세스

검증시스템의 H/W로는 PC(Personal Computer)를 이용하였고, 프로그래밍 언어로는 CAD도면의 데이터 해

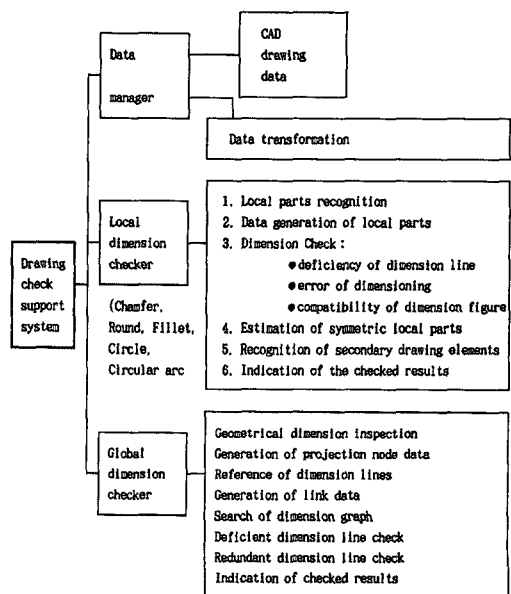


Fig. 7 System configuration

석에는 C 언어를, 도면검증에는 PASCAL 언어를 사용하였으며, CAD S/W는 일본의 ANDOR株式會社로부터 제공받은 CADSUPERⅢ를 사용하였다.

검증시스템은 도면데이터 처리부, 국소치수 검증부, 및 대국치수 검증부의 세개의 모듈(Module)로 구성된다. 도면데이터 처리부는 도면데이터 변환부와 도면데이터 분류부의 두개의 서브모듈(Sub module)로 나누어진다. 국소치수검증부는 모따기 검사부, 등금새 검사부, 구멍(원) 검사부 및 원호 검사부의 네개의 서브모듈로 구성되어 있고, 대국치수검증부는 기하치수검증부, 투영특징점 데이터 생성부, 참고도의 치수참조부, 링크데이터 생성부, 부족치수 검증부, 과잉치수 검증부, 검증결과 표시부의 일곱 개의 서브모듈로 구성되어 있다(그림7참조).

4.1 도면데이터 처리부

표2는 분류를 한 도면데이터의 데이터구조를 나타낸다. 이 중에서 ID_Num은 데이터의 고유번호를 나타내며, NN은 선의 종류 및 방향을 나타낸다. Proj_Num은 그 데이터가 정면도, 평면도 및 측면도의 어느 투영도에 속하는 데이터인가를 나타낸다. Line_segment의 X1, Y1은 선의 시작점의 x, y좌표를, X2, Y2는 선의 끝나는 점의 x, y좌표를 나타내며, Arc_segment의 XC, YC는 원 또는 원호의 중심에 대한 x, y좌표를 나타내고, Radius는 반지름을, Start_Angle은 원 또는 원호의 시작각을, End_Angle은 끝나는 각을 나타낸다. Character_string의 Symbol은 치수의 앞에 붙이는 R, C, ϕ 와 같은 기호를, Value_1은 구멍의 개수를 나타내는 숫자를, Value_2는 치수를 나타낸다. 또 X, Y는 치수문자의 중심의 x, y좌표를, Angle은 치수문자의 기울기 각을 나타

Table 2 Data structure of drawing elements

Line_segment	Arc_segment	Character_string
ID_Num	ID_Num	ID_Num
NN	NN	Proj_Num
Proj_Num	Proj_Num	Symbol
Attr	Attr	Value_1
X1	XC	Value_2
Y1	YC	X
X2	Radius	Y
Y2	Start_Angle	Angle
Flag	End_Angle	Flag
Cv1	Flag	
Cv2	Cv1	
	Cv2	
	Cv3	

내는 항목이다. Attr에는 선의 끝부분에 화살표가 있는지 여부를 나타내는 숫자를 대입한다. Cv1, Cv2, Cv3에는 도형요소의 단점에 대한 평가치를 기입한다.

4.2 국소치수 검증부

국소치수 검증에는 그림7에 표시한 검증순서에 따라 각각의 국소부 검증을 한다.

모따기, 등금새의 국소부 데이터구조⁽¹⁾에는 Pointer0, Pointer1, Pointer2와 같은 포인터 변수와 Num_T1_Edge, Num_T2_Edge, 그리고 교점의 좌표를 나타내는 Xip, Yip 등이 있으나 이들의 항목에 대한 기술은 지면상 생략하고, 여기에서는 치수기입이 생략된 국소부의 판정 및 국소부에 관련된 2차적 도형요소의 인식에 대하여 모따기부를 중심으로 기술한다.

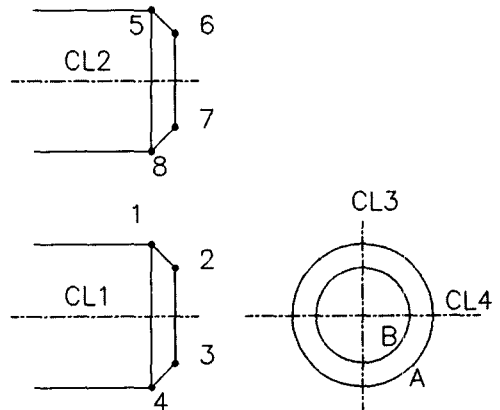


Fig. 8 Symmetric drawing elements

4.2.1 모따기부의 검사

모따기부의 검사는 그림7에 대하여 1-2-3-4-5-6의 순서로 한다.

1) 치수기입이 생략된 모따기부의 판정

여기에서는 그림8을 이용하여 그 순서를 설명한다. 평면도의 모따기5-6의 기입치수가 검증에 의하여 맞다고 판정되고, 중심선 CL2에 대하여 선대칭인 모따기7-8은 치수기입이 생략된 것으로 인식한다. 이러한 것을 전제로 치수기입이 생략된 정면도의 모따기 인식순서에 대하여 설명한다.

(1) 모따기 데이터중에서 치수가 없는 모따기를 찾아낸다(모따기1-2).

(2) 정면도에 모따기가 있으므로 정면도내의 중심선(CL1)에 대하여 선대칭이고, 치수가 없는 모따기를 찾아

낸다(모따기3-4).

(3) 정면도 이외의 투영도 데이터에서 모따기1-2 및 3-4에 대응하는 원을 찾아낸다(원A,B).

(4) 측면도에 원이 있으므로 정면도와 측면도 이외의 투영도(평면도)의 모따기 데이터에서 모따기1-2, 3-4와 원A, B를 대응시켜서 치수가 있는 모따기부와 치수가 생략된 모따기부를 찾아낸다.

(5) 이러한 모따기부가 존재하면 정면도의 모따기1-2와 3-4는 치수기입이 생략된 모따기부로 판정하고, 동시에 측면도의 원B는 2차적 도형요소로 판정한다.

여기에서는 평면도와 정면도에 모따기부가 있는 경우를 설명하였으나 평면도와 측면도, 정면도와 측면도에 모따기부가 있는 경우에도 같은 방법으로 판정을 할 수 있다.

2) 2차적 도형요소의 인식

치수가 있는 모따기부와 치수기입이 생략된 모따기부

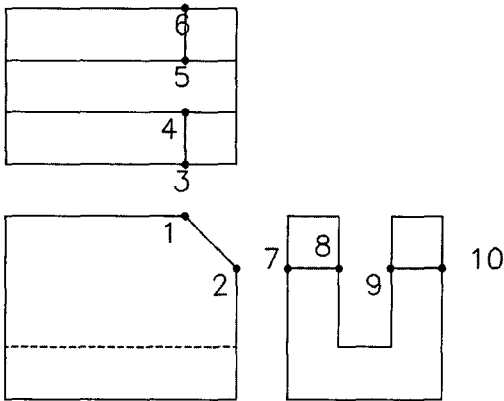


Fig. 9 Secondary drawing elements

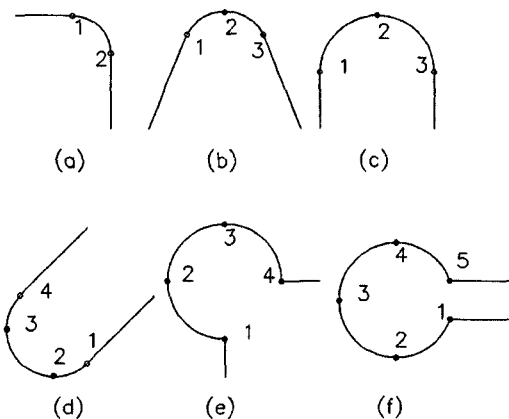


Fig.10 Examples of circular arc

대하여 2차적 도형요소의 인식을 한다. 여기에서는 그림 9를 이용하여 그 순서를 설명한다. 정면도의 모따기1-2는 기입치수가 맞는 것으로 판단되어 있는 것으로 한다. 우선 단점1의 좌표값 x와 같은 좌표값 x를 갖고 있는 직선 데이터를 평면도에서 찾아낸다. 찾아낸 직선3-4와 5-6에 대응하는 직선을 측면도에서 찾아낸다. 찾아낸 직선의 좌표값 y가 단점1의 좌표값 y와 일치하면 평면도의 도형요소 3-4와 5-6을 2차적 도형요소로 판정한다.

4.2.2 원호부의 검사

원호의 검사는 그림7의 검증순서에 따라 하지만 CRT 화면에 표시하기 전에 원호상의 단점을 가지는 도형요소의 인식을 하는 것이 다를 뿐이다.

1) 2차적 도형요소의 인식

원호는 그 시작점 또는 끝점에 접속되어 있는 도형요소와의 접속각에 의하여 단점에 대한 2차적 도형요소가 존재하는지 여부가 결정된다. 즉, 원호의 단점에 접속되어 있는 도형요소가 접선이면, 원호의 단점에 대한 2차적 도형요소는 존재하지 않는다(그림10(a), (b), (c)참조).

그러나 원호의 단점에 접속되어 있는 도형요소가 접선이 아닐 경우와 원호가 원호상의 단점을 갖는 경우에는 2차적 도형요소가 존재하기 때문에 2차적 도형요소의 인식을 한다(그림10의 ●표시의 변호참조).

2) 원호상에 단점이 있는 도형요소

원호상의 단점을 가지는 도형요소가 있고, 그 도형요소가 원호에 대하여 접선일 경우에는 단점에 관한 2차적 도형요소는 존재하지 않는다. 또 이러한 도형요소의 단점에 대한 치수는 기입하지 않기 때문에 원호상의 단점을 가지는 도형요소의 인식을 한 후에 대국치수 검증시에는 이러한 단점을 특징점 데이터에서 제외한다.

4.2.3 검증결과의 CRT 화면표시

국소부의 검증이 끝나면 검증전의 원래의 도면을 CRT 화면상에 표시한다. 이 CRT 화면상에 검증을 한 국소부 도형요소와 2차적 도형요소를 색을 바꾸어 표시한다. 즉, 검증자는 CRT화면을 보면서 검증이 끝난 국소부를 확인 할 수 있다.

다음으로 치수에 대한 에러가 있는 국소부의 도형요소는 다시 색을 바꾸어 굵은 선으로 CRT 화면상에 표시하기 때문에 검증자는 치수의 에러가 있는 국소부를 쉽게 알아볼 수 있다.

4.3 국소치수 검증예

그림11은 시제작한 검증시스템을 이용하여 검증을 한

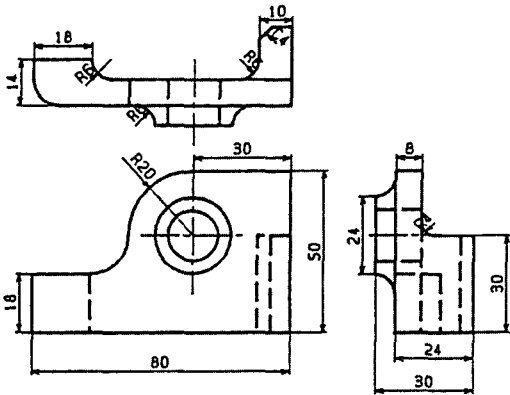


Fig.11 Object drawing

대상도면의 한 예이다. 도면에는 국소부로서 모따기 하나, 등금새 일곱개, 원 두개 및 원호 세개가 포함되어 있다.

평면도에서 치수가 없는 등금새는 치수가 있는 등금새와 중심선에 대하여 선대칭이기 때문에 치수기입이 생략된 것으로 판정한다. 또, 측면도의 치수가 없는 두개의 등금새에 대해서도 평면도의 치수가 있는 등금새와 정면도의 원을 이용하여 치수기입이 생략된 등금새로 판정한다.

정면도의 원에 대한 치수는 직접 기입되어 있지 않으나 측면도의 2차적인 도형요소에 간접적으로 기입되어 있는 치수에 의하여 치수가 있는 것으로 판정한다.

그림12는 이러한 국소부의 치수검증이 끝난 후에 CRT 화면에 표시된 것과 같은 그림이다. 그림중에서 굵은 선으로 나타낸 부분이 검증을 한 국소부 도형요소와 2차적 도형요소를 나타낸다.

그림13에 국소부 치수에 애려가 있는 도형요소를 나타

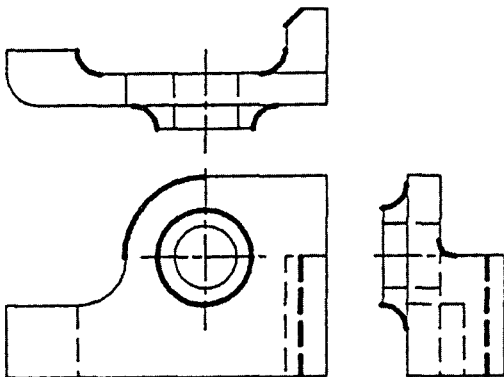


Fig.12 Checked drawing 1 on CRT screen

낸다. 그림중에서 굵은 선으로 나타낸 도형요소는 치수를 기입하지 않는 국소부이다.

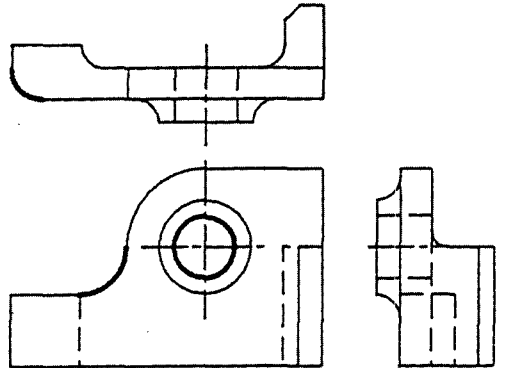


Fig.13 Checked drawing 2 on CRT screen

4.4 대국치수검증부

기하치수 검증은 일면도와 유사하기 때문에 생략하며, 위상치수의 검증은 그림7의 프로세스에 따라 x, y, z방향의 순서로 진행한다. 여기에서는 구체예로서 그림14의 측면도(기본도)와 평면도(참고도)를 이용하여 z방향의 위상치수 검증을 중심으로 설명한다.

4.4.1 투영특징점 데이터의 작성

그림14의 z방향의 위상치수 검증을 하기 위하여 필요한 도형요소의 단점에 번호를 붙인 것이 그림15이다. 그림15의 평면도 및 측면도에 기입되어 있는 숫자는 특징점의 데이터 번호를 나타낸다.

특징점 데이터를 이용하여 투영특징점 데이터를 작성한다. 특징점 1과 2를 갖는 선분에 대응하는 참고도(평면도) 중의 도형요소는 선분 12-13과 선분 14-15의 두개가 존재하지만 이것에 대응하는 투영특징점의 데이터는 하나 작성한다(그림15의 b).

특징점 데이터 3과 4를 갖는 중심선은 특징점 데이터 6과 7을 갖는 선분과 좌표값 z가 같다. 따라서 참고도내의 대응하는 도형요소를 조사한다. 그 결과 선분 6-7과 선분 18-19, 중심선 3-4와 중심선 16-17이 각각 대응되고 있기 때문에 투영특징점 데이터는 두개 작성한다(그림15의 d와 e). 이 때에 원의 중심의 특징점 데이터 5는 중심선 3-4에 포함되기 때문에 중심선 3-4에 대응하는 투영특징점 데이터를 지시하도록 한다. 계속하여 특징점 데이터 8과 9를 갖는 선분, 특징점 데이터 10과 11을 갖는 선분에 대한 투영특징점 데이터를 각각 하나씩 작성한다(그림15의 c, a).

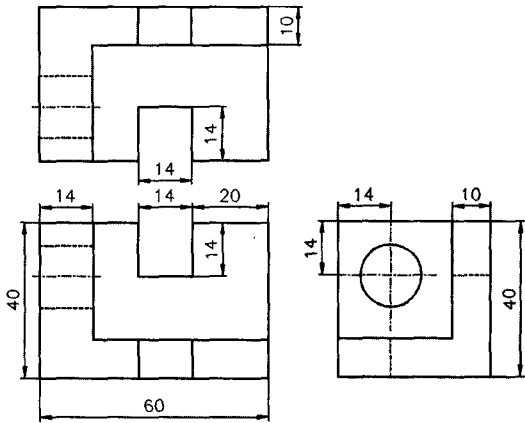


Fig. 14 Object drawing

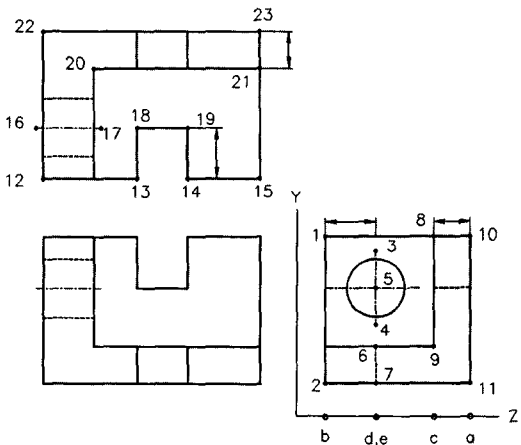


Fig. 15 Characteristic points and projection nodes

그림 15의 z축위의 d와 e가 가리키고 있는 ●은 투영특징점의 위치가 중복되어 있음을 나타낸다. 영문자는 투영특징점의 데이터 번호(여기에서는 특징점의 데이터번호와 구분하기 위하여 영문자로 나타냄)에 대응한다.

4.4.2 참고도의 치수참조

그림 14의 z축방향의 치수선은 기본도에 두개, 참고도에 두개 있다. 우선, 기본도중의 치수선의 양끝이 가리키고 있는 도형요소의 투영특징점 데이터의 Flag값(투영특징점 데이터 작성시에 0이 미리 주어져 있음)을 1로 수정한다. 기본도내에 있는 투영특징점 데이터 b를 가리키고 있는 치수선이 없기 때문에 Flag값은 그대로 이다.

다음에 참고도내의 치수선이 가리키고 있는 특징점 데이터 15(14)와 19(18)에 대응하는 투영특징점 데이터를 각각 기본도에서 찾아낸다(PNb, PNd). PNd의 Flag값

이 0이므로 특징점 데이터 15와 19를 지시하는 치수선은 투영특징점 데이터 PNb와 PNd를 가리키도록 한다.

한편, 또 하나의 치수선이 지시하고 있는 특징점 데이터 21(20)과 23(22)에 대응하는 투영특징점 데이터는 PNa와 PNa이다. 그러나 PNa와 PNa에는, 이미 특징점 데이터 8과 10을 지시하는 치수선이 존재하기 때문에 Flag값은 1이 되어 있다. 따라서 특징점 데이터 21 및 23을 가리키고 있는 치수선이 중복기입되어 있는 것을 CRT화면에 표시한 후에 PNa와 PNa를 가리키도록 한다.

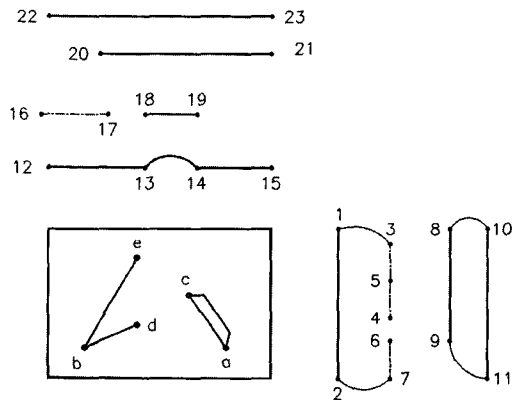


Fig. 16 After referencing dimension lines

그림 16은 z축방향의 위상치수 검증에 있어서 필요로 하는 도형요소를 그림 15의 평면도와 측면도에서 추출한 후에 그림 15에 있어서 참고도에 있는 치수선을 기본도에서 참조한 후의 상태를 나타낸다. 그림중의 가는 선(선 2-6, 1-3, 9-11 및 8-10)은 그림 14의 z방향의 치수선에 대응한다.

4.4.3 링크데이터(Link data)의 생성

여기에서는 기본도내의 치수선의 끝단이 가리키고 있는 투영특징점 데이터를 이용하여 링크데이터를 작성한다.

우선 기본도내의 임의의 치수선을 선택한 후에 링크1로 하고, ID_Num을 1로 한다. 다음에 치수선의 양끝이 지시하고 있는 투영특징점 데이터를 이 링크의 PN_S와 PN_E로 한다. ID_Num값을 1씩 증가시키면서 기본도내의 모든 대상 치수선에 대하여 이러한 조작을 반복하여 링크데이터를 생성한다.

4.4.4 치수그래프의 탐색

치수그래프의 탐색방법은 앞에서 기술하였으므로 여기에서는 구체적인 기술은 생략한다.

그림16의 4각 테두리 안에는 탐색을 한 후의 z치수 그래프를 나타낸다. 그래프중의 영문자는 투영특징점의 데이터 기호에 대응된다.

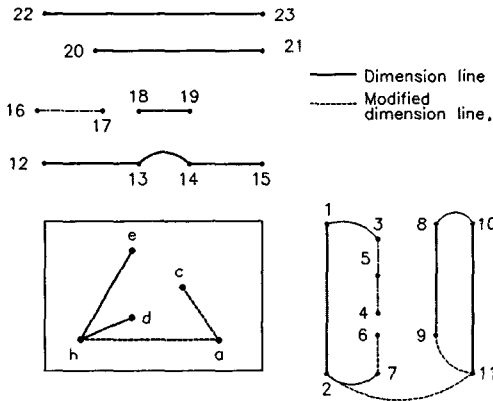


Fig.17 After checking dimension lines

4.4.5 부족치수 검증

대상도면(그림14)의 투영특징점은 5개 있으므로, 필요로 하는 치수선은 4개이다. 그림16의 테두리내의 치수 그래프는 4개의 링크(치수선)가 있으나 하나로 연결된 그래프가 아니기 때문에 치수선은 부족하다. 검증자는 CRT 화면에 표시된 치수그래프와 화면상의 멱세지를 참고로 하여 추가하여야 할 링크의 양끝의 투영특징점 데이터번호(한예로 여기에서는 기호 a와 b)를 키보드에서 입력한다. 여기에서 새로이 추가한 그래프의 링크가 실제로 도면에 추가하여야 할 치수선(그림17의 파선 2-11)을 의미한다.

링크를 추가한 후에 다시 한번 치수그래프의 탐색을 실행한다. 탐색결과 치수그래프는 하나의 연결그래프가 되므로 부족치수의 검증은 완료한다. 만약 링크를 추가하고 재탐색하여 아직도 부족치수가 존재하는 경우에는 계속하여 링크를 추가하면서 치수그래프가 하나의 연결그래프로 될 때까지 이상의 조작을 반복한다.

4.4.6 과잉치수 검증

부족치수의 검증 후에는 그래프내에 루프가 존재하는지 여부를 조사함으로써 과잉치수검증을 한다. 그림16의 PNa와 PNc에는 두개의 링크가 중복되어 있어 과잉치수이다. CRT 화면에는 과잉치수의 부분을 검증자가 쉽게 인식할 수 있도록 색을 바꾸어 표시한다. 검증자는 CRT 화면에 표시된 과잉치수가 있는 부분의 링크(치수선)에

해당하는 투영특징점 데이터번호(기호)를 키보드에 입력(여기에서는 a와 c)하여 대응하는 변(그림17의 파선 9-11)을 삭제하는 조작을 한다. 이 조작은 과잉치수가 없어질 때까지 반복한다. 그림의 예에서는 과잉치수가 하나만 있으므로 검증은 이것으로 완료한다.

그림17의 4각 테두리 안에는 수정후의 치수그래프를 나타내고 있고, 그래프중의 파선은 수정된 링크를 의미한다.

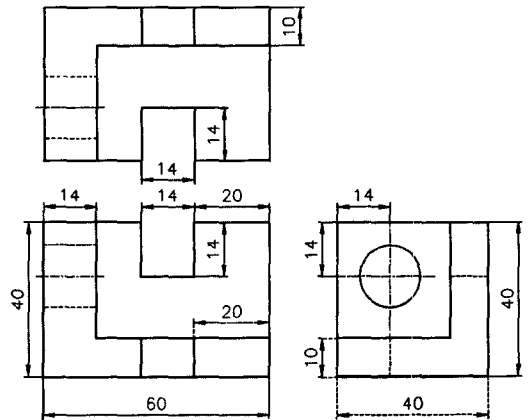


Fig.18 Modified drawing

4.4.7 검증결과 화면표시

x, y 및 z방향의 위상치수 검증이 끝나면, 검증자는 대상도면에 추가하여야 할 부족치수선과 삭제하여야 할 과잉치수선을 CRT 화면위에 표시하고 검증결과에 대한 내용을 다시한번 확인한다.

z방향의 검증 후에는 추가하여야 할 부족치수선과 삭제하여야 할 과잉치수선을 도면과 함께 CRT화면에 표시한다. 그림18에는 x, y 및 z방향의 치수검증이 끝난 후의 도면을 나타내고 있으며 도면내에서 파선으로 표시한 3개부분의 치수선이 검증후에 추가한 치수선(부족치수선)을 의미한다. 이때에 과잉치수선으로 수정에 의하여 삭제한 것은 나타낼 필요가 없으므로 도면에서 생략되어 있다.

5. 결론

본 논문에서는 CAD시스템으로 작도한 기계부품의 삼면도를 대상으로 하여 국소부의 인식, 국소부에 관련된 2차적 도형요소의 인식, 국소치수의 검증 및 그래프 이론

을 응용한 대국치수 검증의 가능성에 대하여 고찰하였다. 또 시제작한 검증시스템을 이용하여 여러 도면에 적용시켜 봄으로써 시스템의 유효성을 확인하였다. 본 연구에서 얻어진 결과를 다음에 나타낸다.

- 1) CAD에 의하여 작성된 기계부품의 삼면도에 대한 국소부 인식이 가능하다.
- 2) 삼면도의 국소부에 관련한 2차적 도형요소의 인식이 가능하다.
- 3) 치수의 기입에러, 기입치수와 도형형상치수와의 일치여부에 대한 검증이 가능하다.
- 4) 정면도, 평면도 및 측면도를 서로 참조하면서 치수 그래프를 작성하여 치수선의 기입부족 및 과잉기입에 대한 검증이 가능하다.
- 5) 검증자는 CRT 화면위의 치수그래프를 검사하면서 치수의 추가 또는 삭제가 가능하여 컴퓨터와 검증자 사이의 대화에 의한 작업이 가능하다.
- 6) CAD시스템에 의하여 작성된 기계부품의 3면도에 대한 국소치수 및 대국치수 검증은 가능하다.

앞에서 기술한 바와 같이, 본 연구에 사용한 CAD S/W는 일본의 ANDOR株式會社로부터 제공받은 CADSUPERⅢ이다. 하지만, 기존의 CAD S/W의 데이터 구조는 회사마다 다르기 때문에, 본 논문에서 제안하고 있는 검증시스템의 서브모듈인 데이터 변환부만 수정한다면, 원칙적으로 다른 CAD S/W에도 적용이 가능하도록 시스템이 구성되어 있다.

마지막으로 본 논문의 대상도면으로부터 제외하였던 치수를 극좌표로 표시한 회전체에 대한 도면, 부투영도 또는 단면도 등을 포함하는 도면에 대한 검증방법은 앞으로 계속 연구할 과제이다.

참 고 문 헌

1. 荒井榮司, "CADの有効利用", 精密工學會誌, Vol.53, No.3, pp.365-368, 1987.
2. 中條鐘一, "檢圖システムのあり方と檢圖の上手な進め方", (株)總合技術センター, 1989.
3. 皆川雅章, 嘉數侑昇, 沖野教郎, "自動寸法記入問題に關する研究", 精密工學會誌, Vol.52, No.9, pp.1553-1559, 1986.
4. 今村 聰, 小島俊雄, 井上久仁子, 關口 博, "自動寸法指定問題に關する研究", 精密工學會誌, Vol.53, No.11, pp.1713-1718, 1987.
5. 北嶋克寬, 小口琢夫, 吉川弘之, "線形構造條件式に基づく寸法整合システムの開發", 精密機械, Vol.49, No.8, pp.1094-1101, 1983.
6. 鈴木宏正, 木村文彦, 佐田登志夫, "プロダクトモデルに基づく幾何學的拘束關係の記述と寸法處理への應用", 精密工學會誌, Vol.52, No.6, pp.1037-1042, 1986.
7. Y.Saito and T.Hanaoka, "Development of Automatic Checking Procedure of Drawing with the Help of Artificial Intelligence", Proc. MSET21, pp.407-412, 1990.
8. S.S.Lee, S.Tsujio, T.Ono, "A Computer Aided Drawing Check System(Part 1)", 3rd KACC, Vol.2, pp.798-803, 1988.
9. S.Tsujio, S.S.Lee, T.Ono, "A Computer Aided Drawing Check System(Part 2)", 4th KACC, Vol.2, pp.1022-1027, 1989.
10. S.Tsujio, S.S.Lee, T.Ono, "Computer Aided Checking of Dimensions in Mechanical Drawings for CAD Systems", 4th ICECGDG, pp.326-332, 1990.
11. S.S.Lee, T.Ono, S.Tsujio, "A Computer Aided Drawing Check System for Mechanical Drawings Drawn with CAD System(1st Report)", JSPE, Vol.57, No.4, pp.705-710, 1991.
12. S.Tsujio, S.S.Lee, T.Ono, "A Computer Aided Drawing Check System for Mechanical Drawings Drawn with CAD System(2nd Report)", JSPE, Vol.58, No.5, pp.811-816, 1992.
13. 한국공업표준심의회, "KS B0001 기계제도", 한국공업표준협회, 1987.
14. 조 선휘, 이 건우 공저, "기계제도", 문운당, 1995.
15. Frank Haray著(池田貞雄 譯), "Graph Theory", 共立出版, 1971.