

CAD시스템을 이용하여 작성한 도면의 설계검증

(A Computer-Aided Design Checking System for Mechanical Drawings
Drawn with CAD Systems)

이 성 수(건국대 기계설계학과) ※
小野 敏郎(大阪府立大 機械システム工學科)

ABSTRACT

Existing CAD systems do not provide the advanced function for systematic checking of design and drafting errors in mechanical drawings. This paper describes a method for systematic checking 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 design checking method.

1. 서 론

CAD시스템의 연구 및 개발과 더불어 CAD시스템을 이용하면 설계도면의 작성·수정·재이용이 용이하고, 설계도면작업의 합리화, 省力化의 면에서 여러가지 장점이 있으므로 설계 및 설계도면의 작성에 CAD시스템을 이용하는 기업이 나날이 증가하고 있다. 즉, 설계도면의 작성에 CAD시스템을 이용하는 기업이 많고, 설계자와 제작자 사이에서의 정보전달 수단으로써 CAD시스템을 이용하여 작성된 설계도면(이후에는 CAD도면이라고 함)의 역할은 크다고 할 수 있다.

그런데 이러한 CAD도면의 작성에는 어디까지나 인간이 개재되어 키이보드, 마우스, 태블릿 등을 이용하여 설계도면의 입력을 하게 되므로 CAD도면에도 인간이 제도기를 사용하여 작성하는 일반도면과 마찬가지로 여러가지 설계도면의 잘못(Error or Miss)이 존재하고 있다. 따라서 CAD도면에 대해서도 설계검증이 필요하다는 것은 말할 필요도 없다.

이러한 CAD도면에 대하여 합리적이고 계통적인 설계검증 방법을 확립하는 것은 설계검증의 성력화, 합리화를 위해서도 중요하다. 따라서, CAD도면의 설계검증을 계통적

으로 실행하여 설계도면의 잘못을 간단히 수정할 수 있는 검증 시스템의 구축이 강력히 요청되고 있는 것이 현실이다. 여기에서는 CAD도면의 설계검증을 하는 것을 CAD도면의 설계검증이라고 하고, CAD도면의 설계검증을 도와주기 위한 지원시스템을 CAD도면 설계검증 지원시스템으로 부르기로 한다.

2. 설계검증의 현황

설계검증에는 설계제도에 관한 규칙은 물론 설계에 대한 광범위한 지식이 필요하므로 설계검증의 책임자는 설계자 및 제도자 보다도 보다 많은 설계경험과 전문지식을 보유하고 있는 상급 기술자를 필요로 한다. 여기에다 설계도면수의 증가 및 설계도면의 복잡화와 더불어 설계검증에는 많은 사람과 시간을 필요로 한다. 표1은 어떤기업의 예를 나타내지만 전종업원에 대한 설계부문 종업원의 비율은 10%이고, 이중에서 설계검증에 관련있는 사람의 비율은 25%로 22명이다. 이 가운데 설계검증 담당자(Technical checker)가 18명, 사무적인 검증자(Clerical checker)가 4인으로 되어 있다. 한편 매년 증가하는 도면의 수는 20000매를 넘고 있어 설계검증자 1인당 검증하여야 할 설계도면의 수가 많다는 것을 알 수 있다.

Table 1 Reference data

Employees at design division	10 % of total employees
Technical checker (person in charge)	18 persons
Clerical checker	4 persons
Checker/Designer	1/4
The increasing number of drawings per year	A0 = 150 sheets A2 = 5000 sheets A4 = 16000 sheets

Table 2 The time ratio of designing, drafting and checking

Total time(hours)	designing	drafting	checking
below 500	40 %	40 %	20 %
500~1000	45 %	40 %	15 %
1000~1500	50 %	38 %	12 %
1500~2000	55 %	35 %	10 %
over 2000	60 %	30 %	10 %

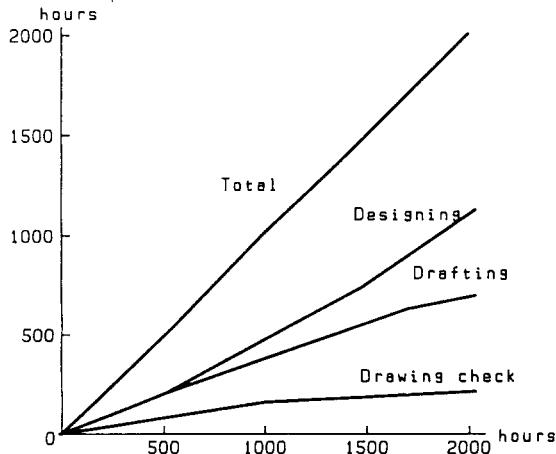


Fig.1 Time share of designing, drafting and checking

그림1은 어떤회사의 설계, 제도 및 검증에 걸리는 시간을 나타내고 있으며, 표2에는 총소요시간에 대한 설계, 제도 및 검증의 비율을 나타내고 있다. 그러나 설계검증에 많은 시간을 할애하여도 만족할 만한 설계검증이 이루어지고 있다고는 단언할 수 없는 것이 현재의 실상이다.

3. 설계검증의 개념

CAD도면의 설계정보는 모두 데이터로 데이터화일에 저장되어 있다. 따라서 제도에 관한 규칙, 설계도면에의 필요사항 기입방법등을 컴퓨터상에서 프로그래밍하여 데이터화일에 저장되어 있는 설계도면 데이터를 검사할 수 있다면 컴퓨터 지원에 의한 설계검증은 가능하고, 설계검증에 따르는 설계검증자의 부담, 설계검증에 요하는 시간 등을 크게 경감시킬 수 있을 것이다. 그러나 이러한 지식을 모두 프로그래밍하여 컴퓨터에 도입하기에는 프로그램이 지나치게 커지고, 시스템의 부담도 커지게 된다.

한편, 고도의 설계지식을 필요로 하지는 않지만 기하학적 형상에 관련된 치수의 검증(도면 작성시에 틀리기 쉽

고, 검증에 시간이 걸리는)에는 설계도면의 기하정보에 관한 규칙을 프로그래밍화 할 수 있다면, 컴퓨터에 의한 CAD도면의 검증이 가능할 것이다. 또 이러한 검증이 가능하다면 설계검증시에 빠뜨리는 곳과 잘못 검증하는 곳을 감소시킬 수 있으며, 설계검증시간의 단축등 실무상의 효과도 클 것으로 기대된다.

이미 기술한 바와 같이 작성된 도면을 검증하는 것은 시간이 걸릴 뿐만 아니라 잘못이 있는 곳을 찾아내는 것은 용이한 일이 아니다. 설계검증의 항목으로는 설계도면이 바르게 작성되었는지 여부를 다루는 문제, 치수에 관련된 문제, 공차의 문제, 간섭의 문제, 제작상의 문제 등 여러가지 문제가 있으나 CAD도면의 설계검증, 특히 치수라는 관점에서의 연구는 조사한 바에 의하면 전무한 실정이다.

한편, 대상물체를 2차원의 평면위에 나타내기 위해서는 도형요소로써 직선, 원호가 주로 사용된다. 또 대상물체의 면과 면, 면과 모서리, 모서리와 모서리, 모서리와 원의 중심, 면과 원의 중심, 및 원의 중심과 중심과 중심과의 거리로써 나타낸다. 이 거리가 도면에 기입하는 치수이고, 치수는 대상물체의 형상을 유일하게 결정하여 주는 것이 아니면 안된다. 그러므로 제작에 의하여 대상물체를 재현 하려면 도면에는 치수 이외에도 여러가지 정보를 포함하고 있다.

또한, 검증대상도면의 종류, 검증내용에 따라 여러가지 분류 방법이 있으나 도면에 기입되어 있는 정보(도면정보)가 내포하고 있는 성질에 따라 기하정보검증, 기능정보검증, 및 제작정보검증으로 분류할 수 있으며, 이중 기하정보 검증은 물체의 형상, 홈 등의 위치를 나타내는 치수, 또는 도형이 제대로 작성되었는가에 대한 검증이다. 검증 항목에는 치수의 미기입, 기입치수와 도형형상치수와의 일치여부, 치수의 과부족, 3면도 상호간의 일치여부, 축척 등이 있다.

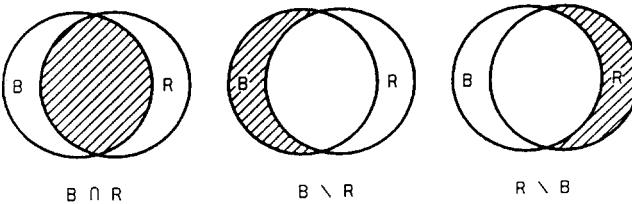
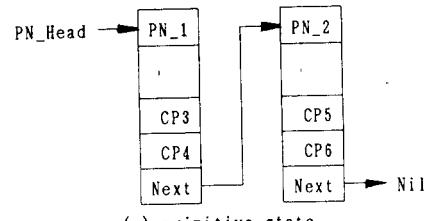
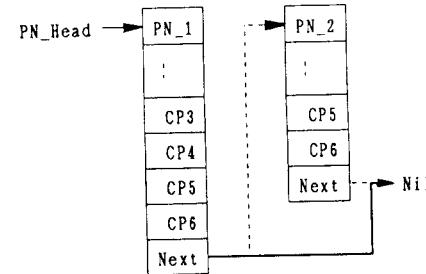


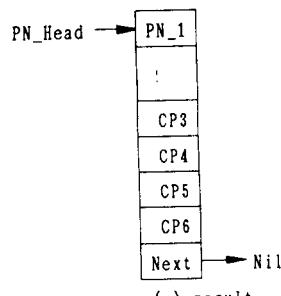
Fig.2 Set operations



(a) primitive state



(b) CP move and PN delete



(c) result

Fig.3 Treatment process of projection nodes

특히 이중에서도 기하정보에 포함되어 있는 치수검증은 특히 중요하다. 왜냐하면 특수한 경우를 제외하면 치수가 없는 도면은 도면으로써의 기능을 발휘할 수 없기 때문이다.

이에 도면에 기입되어 있는 치수의 의미를 고려하면 기능치수, 제작치수, 조립치수, 형상의 크기를 나타내는 치수, 위치치수 등 여러가지로 분류하고 있으며, 이들은

- (1) 크기치수와 위치치수,
- (2) 국소치수와 대국치수,
- (3) 기하치수와 위상치수

등의 차이가 있으며 도면의 치수를 국소치수와 대국치수로 구분하여 검증하는 것이 계통적이고, 효과적인 방법이라는 것에 대하여는 이미 기술한 바 있다.

4. 설계검증시스템의 구성 및 검증 Process

설계검증 시스템은 데이터 처리부, 국소치수 검증부, 및 대국치수 검증부로 구성되어 있으며, 이들은 다시 몇개의 부프로그램으로 구성되어 있다. 설계검증의 흐름은 우선 CAD 시스템으로 작성한 도면데이터(CAD drawing data)를 데이터처리부(Data manager)에서 읽어들여 데이터의 특성에 따른 분류와 변환을 하게 된다.

다음에 국소치수검증부(Local dimension checker)에서는 국소부의 인식, 국소부의 치수검증, 국소부의 도형처리 등을 한다.

대국치수검증부(Global dimension checker)에서는 특징점 데이터의 작성, 투영특징점 데이터의 작성, 링크데이터의 작성, 치수그래프의 탐색, 기입부족치수 검증, 과잉기입 치수 검증, 및 검증결과의 화면표시 등으로 구성되는데, 여기에서는 대국치수 검증부의 투영특징점 데이터의 자동 생성과 치수선의 참조에 대하여 기술하기로 한다.

4.1 투영특징점 데이터의 자동생성

3면도 자체가 바른 경우에 3면도중의 어떤 하나의 특징점에 대응하는 정보는 다른 도면에도 존재하고 있다. 그래서 x축방향의 특징점에는 정면도와 평면도의端点을 이용한다. y축방향의 특징점에는 평면도와 측면도의 도형요소의端点을, 그리고 z축방향의 특징점에는 측면도와 평면도의 도형요소의端点을 각각 이용한다.

투영특징점 데이터는 특징점 데이터를 이용하여 자동적으로 작성한다. 여기에서 기본도중의 투영특징점(집합요소)을 b , 이들의 집합을 B 라 하고, 참고도중의 투영특징점(집합요소)을 r , 그 집합을 R 이라고 하면 집합 B 와 R 은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$B = \{b_1, b_2, b_3, \dots\} \quad (1)$$

$$R = \{r_1, r_2, r_3, \dots\}$$

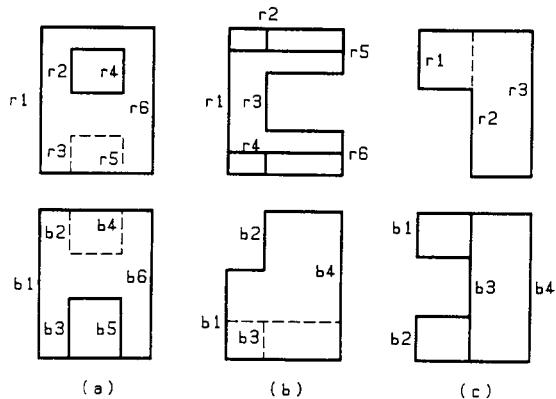


Fig.4 Examples of drawing

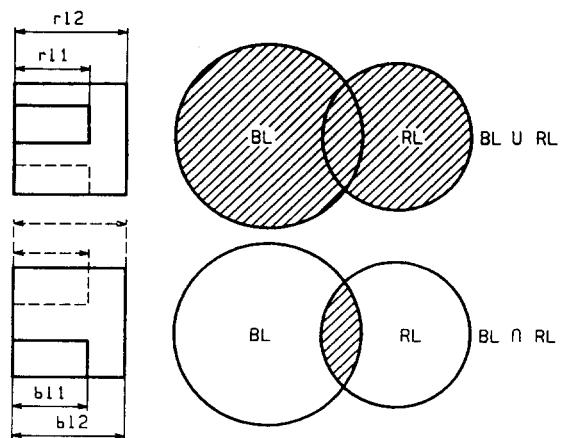


Fig.5 Reference of dimension lines and set operations

단, 첨자는 데이터의 번호를 나타낸다. 또, 집합B와 R은 공집합이 아니다. 집합 B와 R과의 교집합, 차집합을 그림2에서 각각 빗금친 부분으로 나타낸다. 여기에서 그림에 나타내는 집합연산의 의미를 고려하면, 교집합($B \cap R$)은 기본도와 참고도와의 1대1로 대응하는 투영특징점 데이터를 나타낸다. 또 차집합은 투영축 방향의 좌표값이 같은 3면도를 작성할 때 중첩되는 부분으로 생략된 투영특징점 데이터(도형요소)를 나타낸다. 즉, 차집합 $B \setminus R$ 은 참고도에 중첩되어 보이지 않는 기본도의 투영특징점 데이터를 의미하고, 차집합 $R \setminus B$ 는 기본도에 중첩되어 보이지 않는 참고도의 투영특징점 데이터를 의미한다.

한편, 중복치수기입을 금지한다고 하는 제도규칙으로부터 대국치수를 검증하기 위한 투영특징점은 B와 R과의 교집합($B \cap R$)을 이용하면 된다. 그러나 검증은 기본도를 중심으로 하여 참고도를 참고하면서 진행하기 때문에 차집합 $B \setminus R$ 이 공집합이 아닌 경우에는 차집합의 집합요소인 투영특징점과 교집합의 집합요소인 투영특징점과의 관계를 조사하여 투영특징점의 처리를 한 후에 교집합의 투영특징점을 검증에 이용한다.

그림3은 차집합이 공집합이 아닌 경우의 데이터 구조와 처리과정의 한 예를 나타내는 개념도이다. 그림3의 PN_Head는 투영특징점 데이터의 앞부분을 나타내고, Nil은 데이터의 끝 부분을 나타낸다. 또, PN은 투영특징점 데이터를 CP는 특징점 데이터를 나타내고, Next는 다음의 투영특징점 데이터를 가리키는(지시하는) 포인터 변수이다.

그림3에는 차집합에 속하는 투영특징점 데이터 PN_2의 특징점 데이터를 교집합의 투영특징점 데이터 PN_1에 옮긴 다음에 투영특징점 데이터 PN_2를 삭제하는 프

로세스를 나타내고 있다. 차집합 $R \setminus B$ 이 공집합이 아닌 경우에는 차집합에 속하는 투영특징점은 교집합에 포함되어 있는 것을 의미한다. 따라서 이 경우에는 교집합($B \cap R$)을 대상 투영특징점 데이터로써 이용하면 된다.

그림4는 세가지 예를 나타낸다. 각각의 그림은 평면도와 정면도로 이루어져 있다. 그림중에 첨자가 붙어 있는 b는 기본도의 도형요소에 대응하는 x축 방향의 투영특징점을 의미하고, 첨자가 붙어 있는 r은 참고도의 도형요소에 대응하는 x축 방향의 투영특징점을 의미한다. 그림(a)는 교집합이 집합 B, R 그 자신이므로 차집합은 공집합이 된다. 따라서 검증에는 기본도의 모든 투영특징점을 이용한다. 그림(b)는 교집합이 집합 B 자신이고, 차집합 $B \setminus R$ 은 공집합이다. 따라서 기본도의 모든 투영특징점을 이용하면 된다. 그림(c)에서는 차집합 $B \setminus R = \{b_2\}$ 이 존재하므로 공집합이 아니다. 따라서 교집합에 속하는 집합요소(투영축방향의 좌표값이 동일하고 투영특징점이 평면도에서는 중첩되어 있는) b_1 과 b_2 를 통합(그림참조)한 후에 교집합에 속하는 기본도의 투영특징점을 검증에 이용한다.

이상의 결과에서 기본도내의 투영특징점 수를 n, 참고도내의 투영특징점 수를 m이라고 하면 다음과 같은 관계를 얻을 수 있다.

1) $n \leq m$ 인 경우

이 경우에는 기본도의 투영특징점에 참고도의 투영특징점 $m-n$ 개가 중복되어 표시되어 있는 것으로 볼 수 있다. 즉, 필요로 하는 투영특징점은 기본도의 투영특징점과 참고도의 투영특징점과의 교집합(요소수 n 개)을 이요하면 충분하다. 따라서 이경우에는 기본도의 모든 투영특징점을 검증에 이용한다.

2) $n > m$ 인 경우

이 경우에는 기본도의 투영특징점 $n-m$ 개가 참고도의 투영특징점에 중복되어 표시되어 있을 때이다. 따라서, 집합 B와 R과의 차집합(단 공집합이 아니다)에 속하는 투영특징점과 집합 B와 R과의 교집합과의 관계를 조사하여 투영특징점의 처리를 실행한 후에 교집합에 속하는 기본도의 투영특징점을 검증에 이용한다.

즉, 기본도의 투영특징점과 참고도의 투영특징점에 대하여 집합연산을 함으로써 검증에 필요로 하는 투영특징점(도형요소)을 구할 수 있다.

4.2 치수선의 참조

3면도에서는 정면도에서만이 아니고 평면도 및 측면도에도 치수를 기입한다. 그래서 기본도의 링크레이터(대국치수선)를 bl, 이들의 집합을 BL, 참고도의 링크레이터를 rl, 그 집합을 RL이라고 하면, 집합 BL과 RL은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} BL &= \{ bl_1, bl_2, bl_3, \dots \} \\ RL &= \{ rl_1, rl_2, rl_3, \dots \} \end{aligned} \quad (2)$$

단, 첨자는 데이터의 번호를 나타낸다.

치수검증을 위한 투영특징점으로는 기본도와 참고도의 투영특징점 집합의 교집합을 이용하였다. 그러나 위상치수검증에는 기본도의 치수와 함께 참고도의 치수를 참조하지 않으면 안된다. 그래서, 집합 BL과 RL과의 교집합이 공집합이 아닌 경우, 그 교집합은 치수선의 중복기입을 의미한다.

즉, 치수선의 참조는 기본도와 참고도의 링크레이터의 합집합을 구하는 것을 의미한다. 그림5에서는 치수선의 참조를 위한 도면의 집합연산 예를 나타낸다. 이어서 그래프이론을 활용하여 링크레이터(치수그래프)의 탐색을 함으로써 대국치수의 과부족 판단이 가능하다. 치수그래프의 탐색에는 깊이우선 탐색법과 폭우선 탐색법이 있는데 여기에서는 어떤 목표값을 찾아내기 위한 탐색이 아니고, 치수그래프의 연결관계를 조사하는 것이 목적이므로 치수그래프의 탐색에는 폭우선 탐색을 이용하였다.

5. 결론

본논문에서는 CAD시스템으로 작성한 기계도면을 대상으로 국소치수 검증과 대국치수 검증에 대하여 기술하였다. 처음에는 설계검증의 어려움에 대하여, 이어서 검증의 방법에 대하여, 그 다음에는 검증프로세스의 개략과 특히 투영특징점 데이터의 자동작성 및 참고도의 치수선 참조에 대하여 상술하였다.

본논문에 소개한 시스템을 이용하여 여러 도면에 적용하여본 결과 본 검증 시스템의 유효성을 확인하였다. 앞으로는 본 시스템을 더욱 발전시켜 유연성이 높은 시스템으로 전개하여 갈 예정이다.

참고문헌

1. S.S.Lee, S.Tsujio, T.Ono : A Computer Aided Drawing Check System(Part 1), 3rd KACC, Vol.2, pp.798-803, 1988
2. S.Tsujio, S.S.Lee, T.Ono : A Computer Aided Drawing Check System(Part 2), 4th KACC, Vol.2, pp.1022-1027, 1989
3. S.Tsujio, S.S.Lee, T.Ono : Computer Aided Drawing Check for CAD Systems, 2nd ICCIM, pp.160-167, 1990
4. S.Tsujio, S.S.Lee, T.Ono : Computer Aided Checking of Dimensions in Mechanical Drawings for CAD Systems, 4th ICECGDG, pp.326-332, 1990
5. 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
6. 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
7. Frank Harary 저(池田貞雄역) : Graph Theory, 공립출판(1971).