

Suggestions of Define Methods by Rigid/Non-Rigid Parts' Definitions

Jae-Moon Kim* · Sung-Ho Chang*[†] · Wang-Bum Lee**

*School of Industrial Engineering, Kumoh National Institute of Technology

**Department of Industrial Management, Gumi University

강체와 비강체 부품의 정의와 지정방법에 대한 제안

김재문* · 장성호*[†] · 이왕범**

*금오공과대학교 산업공학부

**구미대학교 산업경영학부

Defining and measuring non-rigid or flexible parts has been controversial in industry for many years. There are two primary areas of controversy. The first is agreeing on what exactly a non-rigid part is. The second is agreeing on how to define and measure a non-rigid part. The subject of non-rigid parts is further complicated by the brief coverage it receives in the national and international standards. This leaves each company to improvise or create its own rules for non-rigid parts. There are some who believe that Geometrical Dimensioning and Tolerancing (GD&T) should not be used on non-rigid parts. This is not true. The ASME Y14.5M standard applies to rigid parts as a default condition. However, there is no definition given for a rigid part. The term rigid part has been used in industry for so long that it has gained a definition by its general use. When most people in industry say rigid part, they are referring to a part doesn't move (deform or flex) when a force (including gravity) is applied. How much force is relative based on the part characteristics. In reality, all parts will deform (or flex) if enough force is applied. Using this logic, all parts would be considered non-rigid. However, we all know that this is not how parts are treated in industry. Although GD&T defaults to rigid parts, it should also be used on non-rigid parts with a few special techniques. Actually 50~60% of all products designed contain parts or features on parts that are non-rigid. Therefore, we try to suggest the definitions of rigid and non-rigid parts and method to measure non-rigid parts.

Keywords : Rigid Part, Non-rigid Part, GD&T, Deform, Measure

1. 서론

비강체이거나 유연한 부품을 측정하고 정의하는 것은 오랫동안 산업체에서 논쟁이 되고 있다. 논쟁은 크게 2가지를 들 수가 있다. 첫 번째는 비강체가 정확히 무엇인지에 대한 것이며, 두 번째는 비강체를 어떻게 측정하고 정의할 것인지에

대한 것이다. 비강체 부품에 대한 문제는 국가와 국제 표준에서 간단하게 언급함으로써 더 복잡하게 되었다. 따라서 각각의 기업이 임시방편으로 독자적인 비강체에 대한 규칙을 만들어 사용하게 하였다. 일반적으로 비강체에는 기하공차(GD&T)를 사용해서는 안 된다고 믿는 사람들이 있다. 하지만 이는 사실이 아니며, GD&T가 기본조건으로 강체에 적용되지만 몇 가지 특별한 기법으로 비강체에도 적용할 수 있다. 실제로 설계된 제품의 50~60%는 비강체인 부품을 가지므로, 이 연구에서는 강체와 비강체 부품의 정의를 제시하고, 특히 비강체 부품을 지정하는 방법을 제시하고자 한다.

Received 3 July 2018; Finally Revised 27 August 2018;

Accepted 28 August 2018

[†] Corresponding Author : changsh@kumoh.ac.kr

2. 이론적 배경

기하공차의 가장 보편적인 규격인 ASME Y14.5M에도 강체와 비강체에 대한 정확한 정의는 제시하고 있지는 않다. 다만 ASME Y14.5M-1994 section 6.8에서 특정 부품에 대해서 자유 상태(free state)와 구속 상태(restrained state)에 대한 예시를 보여주고 있을 뿐이다[1, 2, 3]. ASME Y14.5M 규격은 기본조건으로 강체에 적용되지만, 강체에 대한 정의는 나와 있지 않다. 강체부품이라는 용어는 오랫동안 산업체에서 사용되면서 일반적인 용어로 정의되었다. 즉 대부분의 산업체 사람들이 강체라고 말할 때, 힘(중력포함)이 가해졌을 때 부품이 변형이나 굴곡이 안 일어나는 것을 지칭한다. 얼마만큼의 힘이냐는 부품의 형상, 밀도, 재료 등에 따라 상대적이다. 하지만 실제로 모든 부품은 충분한 힘이 가해졌을 때 변형이 일어난다. 따라서 이러한 논리로 모든 부품은 비강체로 분류 될 것이다. 하지만 이러한 모호함에도 불구하고 이에 대한 논문연구는 보이지 않는 실정이며 실무자들 간의 논의만 있을 뿐이다[8, 9]. 실제로 여러 기하공차에 대한 측정과 측정치들의 적용에 대한 연구들이 있기는 하지만 모두 측정부품이 강체라는 가정을 기본조건으로 하는 연구들이다[4, 5, 6, 7].

3. 제안하는 강체와 비강체의 정의

ASME Y14.5M에서는 기본조건으로 어떠한 조임이나 구속이 없는 자유 상태(free state)인 강체를 요구한다. 하지만 기하공차의 주요 특징으로 부품의 기능을 중요시 하는 것을 고려할 때 강체의 정의를 다음과 같이 제시한다.

“강체부품은 원하는 기능을 위해 힘이 가해졌을 때 그 성능에 저해되는 변형이나 굴곡이 생기지 않는 부품이다”

강체부품을 위와 같이 정의할 때 어떤 부품이 비강체 부품으로 분류되는지는 단순히 강체부품이 무엇인지를 알고 있으므로 강체의 정의를 만족시키지 못하는 어떠한 부품이라도 비강체 부품이라고 할 수 있다. 하지만 이는 논리적이기는 하지만 충분하지는 못하다. 부품이 비강체라고 하는 것은 조립이나 원하는 기능을 할 때, 변형이나 굴곡이 생긴다는 것이다. 어떤 부품은 매우 유연하여 자체하중만으로도 그 형상을 유지할 수가 없는 반면, 어떤 부품은 하중이 가해진다하더라도 변형이 생기지 않을 수 있다. 다른 말로하면 부품의 유연성 정도에 차이가 있다는 것이다. 따라서 비강체 부품을 다음의 두 조건에 해당하는 부품으로 정의하고자 한다.

1. 데이텀에 장착될 때 원래 형상을 유지할 수 없어서 구속(고정)시켜야만 하는 부품

2. 측정을 위해 동작 상태를 시현할 때 구속(고정)시켜야 하는 부품

그러나 ASME Y14.5M에는 비강체 부품을 표현하는 명칭은 없다. 따라서 만약 부품이 구속 혹은 고정에 대한 노트를 가진다면 해당부품은 비강체로 간주한다. 또한 치수가 구속 혹은 고정에 대한 노트를 가진다면 해당부품의 형체(feature)는 비강체로 간주된다. 기하공차는 도면사용자가 치수측정을 어떻게 할 것인가 하는 것에 대한 규칙과 심볼의 세트를 사용하는데, 이를 데이텀이라 한다. 데이텀은 치수측정을 위한 측정기에 어떤 순서로 부품의 표면이 접촉해야 하는지를 명시하며, 또한 치수측정을 위해 부품의 어느 표면이 측정기에 접촉해야 하는지를 명시한다. 노트는 도면에 추가적인 정보를 제공하는 것으로 도면의 제일 아래에 위치하여 참고할 수 있도록 명시한다.

구속 혹은 고정에 관한 노트들이 사용되는 비강체로 분류되는 부품들의 예는 다음과 같이 들 수 있다.

- 스탬핑(stampings)
- 큰 크기의 얇은 금속부품
- 벽두께가 얇은 부품
- 브라켓(brackets)
- 가스켓(gaskets)
- 몰드된 고무 혹은 플라스틱 부품
- 고무호스

그러나 때로는 부품은 강체이지만 부품 내에 하나 혹은 그 이상의 비강체 형체(feature)를 가질 수 있다. 예를 들면 하우징(housing)의 주물덮개는 흔히 강체로 간주된다. 하지만 테두리(flange)의 평탄도는 덮개가 틀에 조여질 때 가장 중요한 특성이 된다. 따라서 부품이 기능상태일 때 평탄도 요건은 중요하다. 이 예에서 테두리를 고정하는 것은 비강체로 간주된다. 이러한 평탄도 요건을 검사하기 위해서는 국부적인 고정 혹은 구속요건이 지정되어야 한다.

그렇다면 이러한 구속조건은 어떻게 주어야 하는지를 보도록 하자.

4. 비강체 부품에 대한 구속조건

비강체 부품을 정의하기 위한 구속조건을 정의할 때 고려하여야 할 조건은 다음과 같다.

- 구속력의 방향
- 구속력의 위치
- 구속력이 적용되는 위치와 개수
- 구속력의 양
- 구속력이 적용되는 순서

구속력의 방향은 도면에서 화살표로 힘의 방향을 제시할 수 있다. 따라서 구속노트에서 화살표는 힘의 방향을 지정한다. 대부분의 경우, 힘의 방향은 적용되는 표면에 대해 직각이다.

구속력의 위치는 대부분 구속노트에 설명되어진다. 구속조건에 따라 힘은 부품의 위치를 정하는 부품 형체(feature)에 있거나, 부품을 안정화시키고 고정시키는 부품 형체(feature)에 있다.

구속력이 적용되는 위치의 개수는 주로 구속노트에 설명되어지며, 이상적인 상황은 구속력이 적용되는 위치의 수가 부품의 기능위치에 가해지는 위치 수와 동일하다.

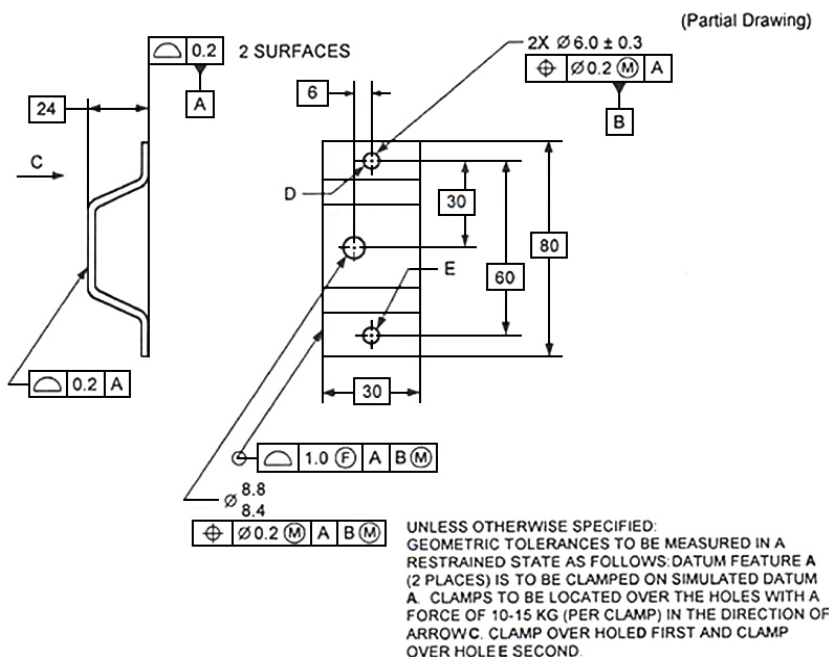
구속력의 양은 부품치수 측정에 상당한 영향을 줄 수 있으므로, 각 위치에서의 구속력의 양이 명시되어야 한다. 구속력은 최대치나 범위로 명시한다. 구속력의 양은 부품이 주어진 기능을 할 때 받는 힘의 양으로 결정한다. 이때 만약 구속력의 규격이 최대라면, 최소는 0이 기본 조건이며, 이는 부품을 자유 상태에서 검사하는 것을 허용하며, 만약 통과하면 힘을 더 가할 필요는 없다. 하지만 부품이 이를 통과하지 못하면, 힘을 최대치까지 가해서 공차규격 내에 들어오도록 한다.

구속력이 적용되는 순서는 치수측정에 영향을 미치므로 구속력을 적용하는 순서는 도면에 명시하여야 한다. 클램프나 잠금장치 등을 포함하는 구속력의 적용순서를 첫째, 둘째, 셋째의 순서로 명시한다. 구속력의 순서가 명시되어 있지 않을 경우, 많은 검사자들이 순서는 중요하지 않으므로 검사자의 재량에 따른다는 논리를 적용하지만, 이는 실질적이지 못하므로 반드시 구속력이 적용되는 순서를 명시하여야 한다.

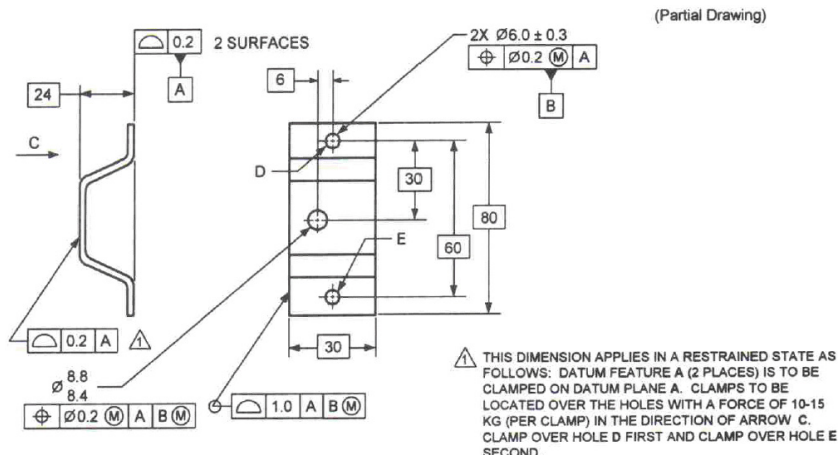
앞에서 언급한 구속노트는 크게 두 가지로 일반 구속노트(general restraint note)와 국부 구속노트(local restraint note)로 분류할 수 있다. 일반 구속노트는 별도로 명시하지 않는 한, 도면에 있는 모든 해당 치수에 대한 구속조건을 정의하는 노트로 부품의 대부분의 기하공차가 구속 상태에서 측정하여야 하는 경우에 사용된다.

반면에 국부 구속노트는 도면에 지정된 치수에 구속조건을 정의하는 노트로, 일반적으로 일반 구속노트에 플래그노트(flag note)로 표시되거나, 관련된 치수에 직접 표시한다. 플래그(flag)는 어느 기하공차가 구속 상태에서 측정되어야 하는지를 지정하는데 사용된다. 단지 부품의 일부 기하공차만 구속 상태로 측정될 때, 국부 구속노트가 사용되어야 한다. 이러한 일반적인 구속조건이 명시된 노트가 적용된 예는 <Figure 1>과 같다. 여기서 주어진 기하공차의 측정은 데이텀 A의 가상 데이텀을 얻어야 가능하다. 이는 구멍 D와 E의 위쪽으로 클램프를 사용하여 각 클램프에 10~15kg의 힘을 C의 화살표방향으로 가하여 고정시키는데 구멍 D를 먼저 고정시키고 구멍 E를 다음으로 고정시켜 데이텀을 설정한 후 측정한다는 노트가 도면에 명시되어 있다.

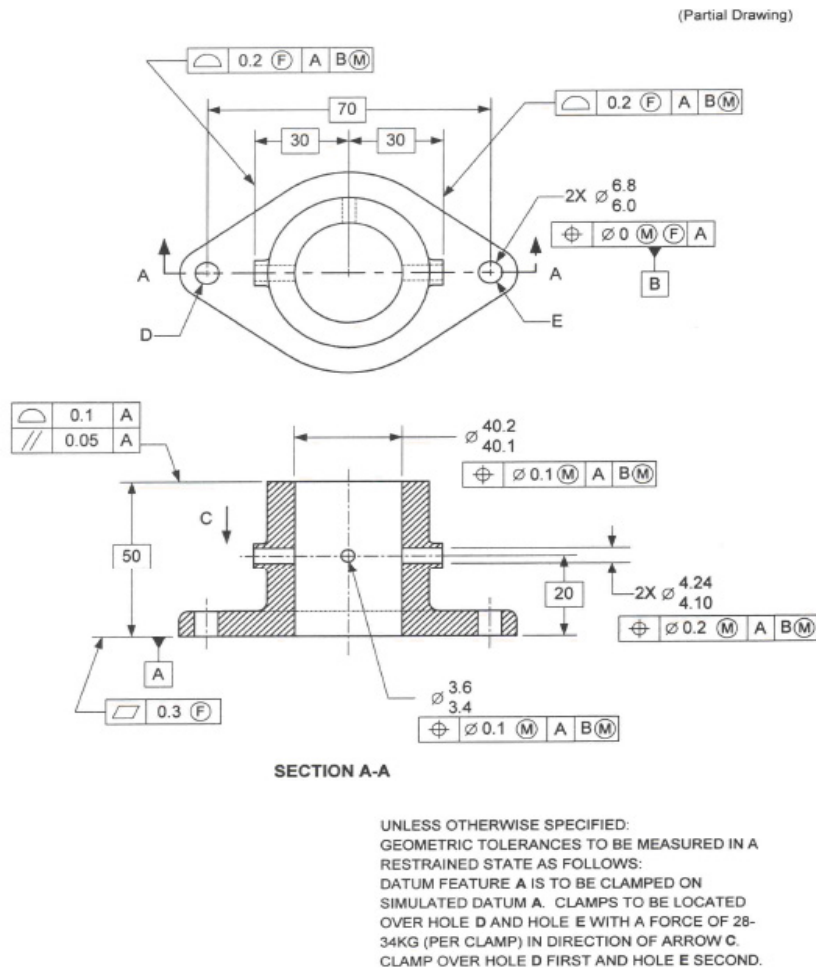
<Figure 2>는 국부구속노트에 대한 예로 플래그를 사용한 것이다. 여기에서 플래그(△)가 지정된 치수를 측정하기 위해서 데이텀 면 A를 설정 시 클램프를 사용하는데 구멍 D와 E의 위쪽으로 클램프를 사용하여 각 클램프에 10~15kg의 힘을 C의 화살표 방향으로 가하여 고정시키는데 구멍 D를 먼저 고정시키고 구멍 E를 다음으로 고정시켜 데이텀을 설정한 후 측정한다는 플래그노트가 도면에 명시되어 있다.



<Figure 1> General Restraint Note



<Figure 2> Local Restraint Note



<Figure 3> Free State Modifier Example

ASME Y14.5M 규격은 앞에서 언급하였듯이 기본조건은 모든 기하공차는 자유 상태에서 적용하는 것이다. 이러한 이유 때문에 많은 사람들이 왜 자유 상태 기호가 있는지에 대해 의문을 가진다. 부품에 구속노트가 있을 때, 자유 상태 기호 (F)는 구속조건 공차의 구속을 해제하는데

사용된다. 따라서 자유 상태 기호는 일반적인 구속노트가 포함된 도면에만 사용할 수 있다.

자유 상태 기호는 기하공차기입틀(feature control frame)의 공차부분에 적용된다. 공차의 검증은 도면에 지정된 구속조건을 사용하지 않는다.

<Figure 3>은 윤곽공차에 지정된 자유 상태의 예를 보여준다. 이 예에서 자유 상태를 포함하고 있는 기하공차기입틀(feature control frame)은 부품을 자유 상태에서 검증하며, 다른 공차들은 구속 상태에서 부품을 검증한다. 구속의 형태는 데이텀 A를 설정하기 위해 구멍 D와 E를 클램프로 고정시키는데 C 화살표 방향으로 28~34kg의 힘으로 구멍 D를 먼저 구멍 E를 다음으로 구속한다는 노트가 도면에 명시되어 있다. 때로는 부품 형체(feature)에 두 개의 지정사항이 있을 수 있는데, 한 개는 자유 상태에서의 공차이고 다른 한 개는 구속 상태에서의 공차이다.

이러한 경우에 각각의 지정사항은 독립적인 요구사항이다.

5. 결 론

설계자는 부품이 강체인지 비강체인지 지정하는 것에 대한 책임이 있다. 만약 설계자가 강체부품을 고려한다면 도면상에 특별한 표기를 할 필요는 없다. 하지만 만약 설계자가 비강체의 부품을 고려한다면 구속노트를 반드시 표기하여야 한다. 구속노트가 있다는 것은 모든 도면 사용자에게 부품이 비강체라는 정보를 전달함을 의미한다. 따라서 설계자는 부품의 기능적 요건과 조립조건을 토대로 구속조건을 준비하여야 한다.

추후 연구과제로는 비강체 부품을 검사하는 방법에 대한 연구가 필요하다. 구속조건에 맞게 어떠한 방법으로 구속을 할 것인지에 대한 방법을 체계적으로 정리할 필요가 있다.

References

- [1] ASME Y14.4-2003, Digital Product Definition Data Practices, *The American Society of Mechanical Engineers*, 2003, pp 26-27.
- [2] ASME Y14.5M-1994, Dimensioning and Tolerancing, *The American Society of Mechanical Engineers*, 1994, p. 4, pp. 191-196.
- [3] ASME Y14.5M-2009, Dimensioning and Tolerancing, *The American Society of Mechanical Engineers*, 2009, p. 4, pp. 191-196.
- [4] Kim J. et al., A Comparison Study between Composite and Multiple Single-Segment Profile Control, *J. Soc. Korea Ind. Syst. Eng.*, 2016, Vol. 39, No. 4, pp. 1-7.
- [5] Kim J. et al., Calculating Cp of Position Tolerance when MMC Applied at Datum and Position Tolerance, *J. Soc. Korea Ind. Syst. Eng.*, 2017, Vol. 40, No. 3, pp 1-6.
- [6] Kim K. et al., A Profile Tolerance Usage in GD&T for Precision Manufacturing, *J. Soc. Korea Ind. Syst. Eng.*, 2017, Vol. 40, No. 2, pp. 145-149.
- [7] Kim K. et al., A Tolerance Adjustment through Tolerance Stacks in GD&T, *Korean Journal of Computational Design and Engineering*, 2017, Vol. 22, No. 4, pp. 370-378.
- [8] Krulikowski, A., *Advanced Concept of GD&T*, Effective Training Inc., 1999, pp. 9-11.
- [9] Krulikowski, A., *Fundamentals of Geometric Dimensioning and Tolerancing*, Effective Training Inc., 1998, p. 12.

ORCID

- Jae-Moon Kim | <https://orcid.org/0000-0001-7224-9399>
 Sung-Ho Chang | <https://orcid.org/0000-0002-9758-2902>
 Wang-Bum Lee | <https://orcid.org/0000-0002-7166-9751>