

# A Comparison Study between Composite and Multiple Single-Segment Profile Control

Jun-Ho Kim\* · Sung-Ho Chang\*\*† · Doo-Wan Ra\*\*\*

\*Sam Sung Electronics

\*\*School of Industrial Engineering, Kumoh National Institute of Technology

\*\*\*KEPCO E&C

## Profile의 Composite와 Multiple Single-Segment Control의 비교 연구

김준호\* · 장성호\*\*† · 라두완\*\*\*

\*삼성전자

\*\*금오공과대학교 산업공학과 대학원

\*\*\*한국전력기술

As manufacturing industries become globalized, product design affects every area of organization. The design sets the goals for a number of different departments, so if it fails to effectively communicate these goals, the entire organization is less efficient. In addition, To communicate clearly, the design must represent a product that meets its technical specification.

GD&T (Geometric Dimensioning and Tolerancing) is one of the most important factors, which has an effect on efficiency of manufacture system, in designing products. However, most of designers in different industries are prone to ignore the importance of GD&T.

To analyse the importance of GD&T compliance with international standards for design drawing, a comparison analysis of the difference between two methods, composite profile control and multiple single segment profile control, is performed on three different cases and suggests how it used to be more suitable.

Composite profile tolerance is specified by a dual feature control frame that has one profile symbol specified with two lines of tolerance information. Whereas a multiple single segment profile control is when two or more single segment profile callouts are used to define the location and/or orientation and/or size and/or form of a part feature. In this study, the following results will be provided : a clear definition and an obvious difference of the tolerance zone, datums and datums sequence and minimization of tolerances.

On this study, composite profile tolerance and multiple single segment profile tolerance were discussed. Next steps of research will consist on reaching more accurate results for profile control. Further research will be focused on dealing with the remaining 14 symbols of GD&T.

**Keywords** : Tolerance, Profile, Composite, Multiple, Single Segment

---

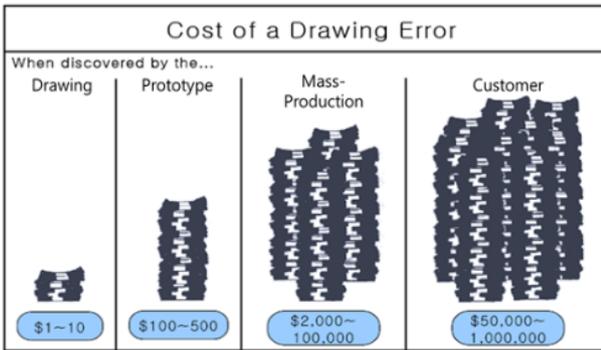
Received 4 August 2016; Finally Revised 26 October 2016;

Accepted 31 October 2016

† Corresponding Author : changsh@kumoh.ac.kr

# 1. 서론

제조 산업이 글로벌화 됨에 따라 제품 설계 시 필요한 도면을 작성할 때 개인 회사에서만 사용하는 것이 아닌 국제 표준에 맞추어서 작성할 필요성이 대두 되고 있다. 하지만 국내 대부분의 기업은 도면에 대한 지식이나 인식이 아직 취약하며, 사용하더라도 부정확하게 사용하고 있다. 대부분 기계부품의 목표 값을 부품의 치수(dimension)라 하고 부품의 치수에 허용하는 변동의 크기를 공차(tolerance)라고 한다. 제품을 제작하기 위한 설계도의 치수는 설계물의 크기나 위치, 형상에 대한 이상적인 치수를 지정해 준다. 실제 치수는 제작 도중에 필연적으로 발생하는 편차로 인해 공차를 주게 되는데, 잘못된 기하공차의 사용으로 인한 부품의 치수 변동은 예상되는 성능의 저하를 가져올 수 있으며 제품의 기계적인 오차를 발생시킬 수 있다[2, 8].



<Figure 1> The Cost for the Error of Drawing

위의 <Figure 1>은 도면 오류로 인한 전형적인 비용 결과를 나타낸 것이다. 만약 도면 오류를 설계 시에 발견하고 고치게 되면 \$1~10의 비용이 들 것이고 시제품을 만들고 난 후에 발견하게 되면 \$100~500가 들고, 양산단계에서 발견하면 \$2,000~100,000가, 고객에게 판매하고 나서 발견될 경우 \$50,000~1,000,000의 비용을 감수해야만 한다. 이와 더불어 도면 오류로 인한 추가적인 결과를 보자면 시간적인 손해, 재료의 낭비와 고객의 불만을 들 수 있다[3, 7].

따라서 도면을 정확하게 그리기 위해서는 도면에 사용되는 기호를 정확하게 이해 할 필요가 있다. 하지만 앞서 언급 했던 것과 같이 국내의 많은 회사가 그렇지 못한 실정이다. 때문에 부정확하게 사용되고 있는 기호를 명확히 구별하고자 하며, 그 기호들 중 윤곽을 다루고자 한다.

윤곽은 다른 기하공차에 없는 여러 가지 기능을 가지고 있으며, 명확한 공차역을 정의하고, 공차의 누적을 없애주는 유용한 기호이다. 윤곽을 사용하는 방법은 표시 방법에 따라 매우 광범위 하게 나뉘며, 그 방법에 따라 내용, 검사방법, 공차 등에서 차이점을 가지게 된다. 하

지만 이 연구에서 참고로 하는 ASME Y14.5M-1994[1]에서조차 명확한 설명이 제시되어 있지 않은 부분이 있다.

따라서 본 연구에서는 이러한 윤곽(composite profile과 multiple single-segment profile)들을 비교분석 하여, 규격에는 제시되어 있지 않은 사용방법을 제시하고자 한다.

# 2. 이론적 배경

## 2.1 윤곽공차(Profile Tolerance)의 장점

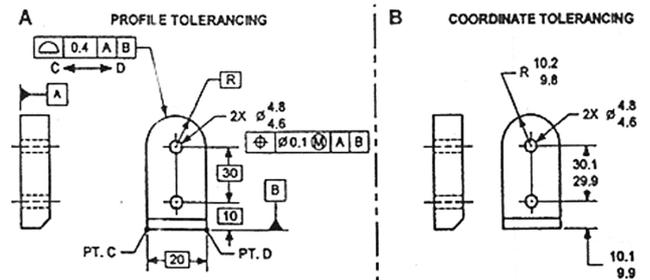
좌표공차계와 비교해볼 때 기하공차계의 윤곽공차는 많은 이점이 있는데 다음과 같다.

- 여러 기하공차의 기능을 동시에 할 수 있다.
- 데이텀과 데이텀 순서와의 관계를 보여준다.
- 공차가 누적되는 것을 없애준다.

<Figure 2>에서 2개의 부품을 보여주는데 A는 기하공차계 윤곽공차를 사용하고 B는 좌표공차계를 사용하였다. A에서는 부품의 윗면의 공차역이 확실하게 정의되었다. 즉 진윤곽을 중심으로 균일하게 0.4만큼의 폭을 가진 공차역을 가진다. 기하공차 기입 틀(feature control frame)을 통해서 계측기에 접촉해야 할 표면과 그 순서가 명시되어 있으며 윗면의 공차는 단지 윤곽공차에 의해서만 영향을 받는다.

한편 좌표공차계를 사용하는 B는 설계의도를 반영하지 못한다. 윗면의 공차역이 잘 기술되어 있지 않으며 반경의 위치도 공차를 가진다. 이로 인한 공차역은 균일하거나 논리적이지도 못하다. 검사를 위한 표면과 그 순서가 도면에 명시되지도 않았다. 또한 좌표공차계에서는 반경의 위치에 대해서도 공차를 가지고 있다. 이러한 각각의 공차는 누적될 수 있고 원하지 않는 누적공차를 만들어 낸다.

기하공차계 윤곽공차는 좌표공차계보다 더욱 명확하게 의사소통이 되며 많은 업체에서 좌표공차계를 대체하기 위해서 사용한다[5].



<Figure 2> Advantages of Profile

## 2.2 복합윤곽공차(Composite Profile Control)

ASME Y14.5M-1994에 따르면 설계요구사항이 부품 형체(feature)의 방위공차가 위치공차보다 더 중요할 때 복합윤곽공차가 사용되어야 한다. 복합윤곽공차는 <Figure 3>과 같이 표시되며, 기하공차 기입 틀의 상단 부분은 지정된 데이텀에 대해 공차가 주어진 형체의 방위와 위치를 관리하며, 하단 부분은 지정된 데이텀에 대해 공차가 주어진 형체의 위치를 관리하지는 않는 대신 형상(때로는 크기) 및 형체들 간의 관계와 지정된 데이텀에 대한 방위를 관리한다[6].

	2.6	A	B	C
	0.8	A	B	

<Figure 3> Composite Profile Feature Control Frame

## 2.3 복수단 윤곽공차(Multiple Single-Segment Profile Control)

ASME Y14.5M-1994에는 복수단 윤곽공차의 표시방법에 대한 언급은 되어 있지만 실제 사용방법에 대한 설명은 없다. 하지만 경우에 따라서 복수단 윤곽공차가 필요한 경우가 발생한다. 물론 꼭 복수단 윤곽공차를 사용하지 않고 여러 개의 다른 기하공차를 동시에 적용하여 사용할 수는 있지만 이러한 경우 도면오류로 이어질 가능성이 증가한다. 따라서 복수단 공차의 기본적인 개념에 따라 설계요구사항이 부품 형체의 위치공차가 2개 이상의 데이텀을 필요로 할 때 복수단 윤곽공차를 사용하는 것이 더 효율적이고 도면오류를 감소시킬 수 있는 것으로 정의하였다. 복수단 윤곽공차는 <Figure 4>와 같이 표시되며, 상단 부분은 부품 feature의 위치를 관리하는데 사용되며, 하단 부분은 위치, 크기, 방위 및 형상을 관리하는데 사용된다. 때때로 하단 부분의 데이텀이 상단의 것과 전혀 다를 수 있는데, 이 경우 하단 부분은 다른 데이텀에 대한 위치를 관리하는데 사용된다[4].

	1.6	A	B	C
	0.4	A	M	

<Figure 4> Multiple Single-Segment Profile Control

## 3. 연구내용 및 방법

### 3.1 연구수행 방법

우선 복합윤곽공차와 복수단 윤곽공차의 여러 경우 중

상·하단 두 가지로 나뉜 경우로 범위를 한정한다. 왜냐하면 복합윤곽공차는 복합공차의 정의에 따라서 2개의 단만을 가질 수 있기 때문이다.

두 번째로 면윤곽 경우의 비교이기 때문에 비교가 될 수 없는 선윤곽의 경우는 생각하지 않는다.

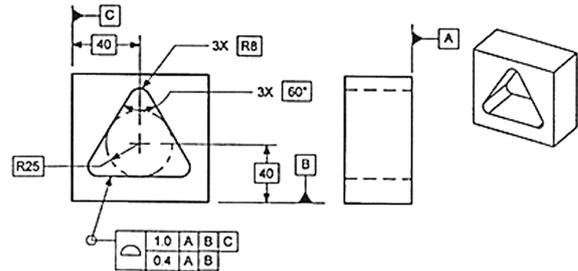
세 번째로 복합윤곽공차를 적용하기 힘들고, 복수단 윤곽공차만 적용되는 경우는 비교대상에서 제외시킨다.

위와 같은 가정을 하고 비교하기에 적합한 도면의 예시를 들어 복합윤곽공차와 복수단 윤곽공차의 공통점 및 차이점을 알아보고 어떻게 활용될 수 있는지를 제시한다.

## 3.2 복합윤곽공차와 복수단 윤곽공차의 비교

### 3.2.1 경우 01

<Figure 5>는 사각형 중앙에 위치한 삼각형 모양의 구멍에 복합윤곽공차가 적용된 경우이다. 뒷면을 데이텀 A, 아랫면을 데이텀 B 측면을 데이텀 C로 지정하였으며, 각각의 이론적으로 정확한 치수(basic dimension)로 삼각형 구멍의 위치를 지정하고 있다.



<Figure 5> Composite Profile Case 01

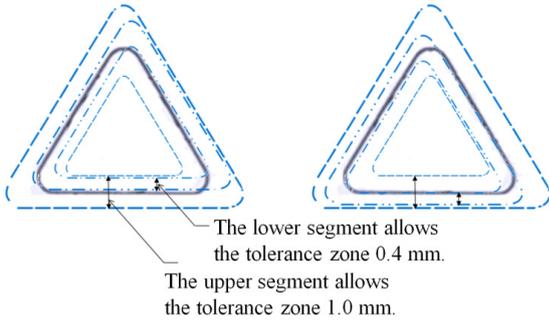
상단 부분은 데이텀 A, B, C의 영향을 받으며, 위치와 방위를 관리한다.

하단 부분은 상단 부분의 공차역을 벗어날 수 없으며, 데이텀 A와 수직을 이루어 방위를 관리한다. 상단 부분의 진윤곽과 평행을 이루어 형상과 크기를 관리한다.

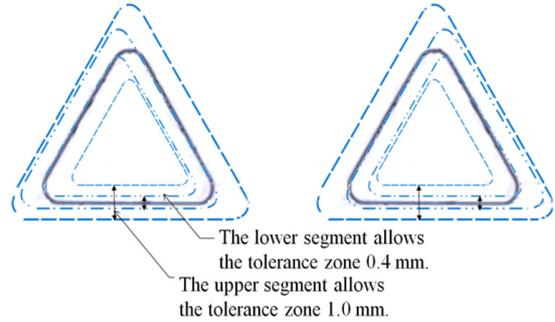
공차역은 <Figure 6>과 같다. 그림과 같이 하단 부분에 의해 표시되는 2점 쇄선의 영역은 삼각형의 하단 부분과 평행을 이루며 상단 부분의 범위 내에서 마음대로 움직인다. 즉, 상단 부분에서 삼각형 구멍의 위치를 잡아 주고 하단 부분에서는 모양을 관리하게 되는 것이다. 단, 데이텀 A, B가 지정되어 있기 때문에 삼각형의 하단 부분과는 평행해야 한다.

<Figure 7>은 <Figure 6>과 상단 부분만 동일한 도면의 복수단 윤곽공차인 경우로 상단 부분의 데이텀의 정보는 <Figure 6>과 동일하다.

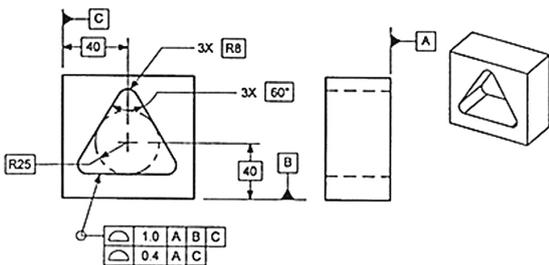
상단 부분은 데이텀 A, B, C의 영향을 받으며, 위치와 방위를 관리한다.



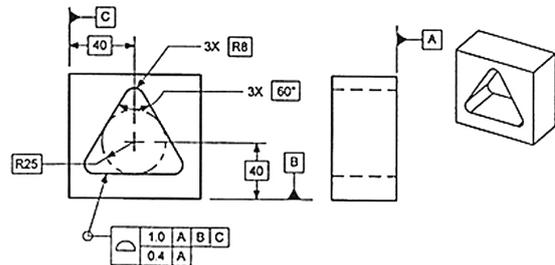
<Figure 6> Tolerance of Composite Profile Case 01



<Figure 8> Tolerance of Multiple Single-Segment Profile Case 01



<Figure 7> Multiple Single-Segment Profile Case 01



<Figure 9> Composite Profile Case 02

하단 부분은 상단 부분의 공차역을 벗어날 수 없으나, 데이텀 A와 수직을 이루어 방위를 관리한다. 상단 부분의 진윤곡과 데이텀 C에 대해 평행을 이루어 형상과 크기를 관리한다.

공차역은 <Figure 8>과 같다. 복합윤곽공차의 경우와 달리 데이텀 D와 평행을 이루어 형상, 크기를 관리하게 된다. 즉, 상단의 진윤곡과 데이텀 D에 대하여 동일 선상에 놓이게 된다.

즉, 복합윤곽공차의 경우 상단과 하단 부분이 동일한 데이텀을 동일한 순서로 사용해야하기 때문에, 데이텀 B에 대한 방위가 더 중요하게 관리가 되었다. 하지만 복수단 윤곽공차의 경우, 데이텀 B에 대한 방위보다는 데이텀 C에 대한 위치가 더 중요하게 관리할 필요가 있을 때 사용되었다.

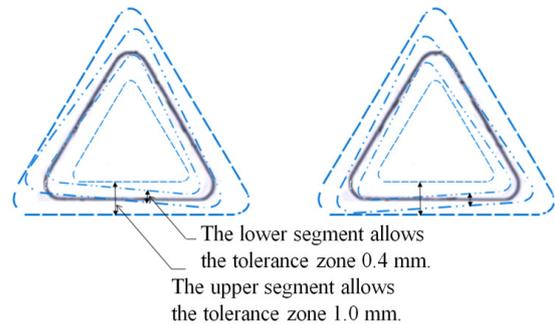
3.2.2 경우 02

<Figure 9>는 경우 01과 동일하며 하단 부분의 데이텀이 A만 잡혀 있는 복합윤곽공차의 경우이다. 데이텀의 정보는 경우 01과 동일하다.

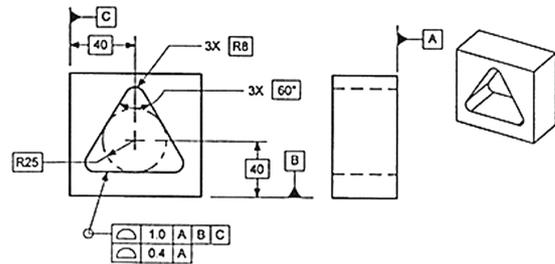
상단 부분은 데이텀 A, B, C의 영향을 받으며, 위치와 방위를 관리한다.

하단 부분은 상단 부분의 범위를 벗어날 수가 없으며, 데이텀 A와 수직을 이루어 방위를 관리하며, 형상 및 크기를 관리한다.

공차역은 <Figure 10>과 같다. 상단 부분의 범위를 벗어날 수 없으며, 데이텀 B의 영향을 받지 않아 방위가



<Figure 10> Tolerance of Composite Profile Case 02



<Figure 11> Multiple Single-Segment Profile Case 02

자유롭다. 형상 및 크기는 0.4의 공차 범위 안에 들어와야 하며, 단 데이텀 A와는 수직을 이룬다.

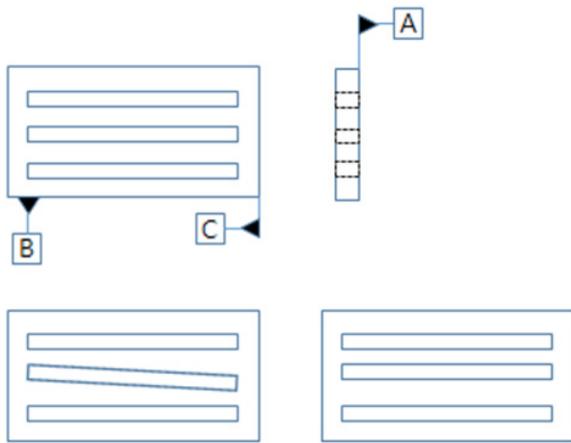
<Figure 11>은 경우 01과 동일하며 하단 부분의 데이텀이 A만 잡혀 있는 복합윤곽공차의 경우이다. 데이텀의 정보는 case 01과 동일하다.

여기서 특이점은 공차역이 <Figure 10>과 같다는 것이다. 데이터 B가 하단 부분에 표시 되지 않을 경우 복합 윤곽공차와 복수단 윤곽공차는 동일한 공차역을 가지게 된다.

3.2.3 경우 03

Case 01에서 복합윤곽공차가 위치보다 방위를 더 중요하게 관리하는 것의 구체적인 예를 <Figure 12>에서 보여준다. 3개의 직사각형 구멍의 위치보다는 구멍이 들어지는 것이 중요할 때는 복합윤곽공차를 사용해야 한다. 이 경우 왼쪽의 경우는 위치공차만을 가지고 관리를 하는 경우이다.

즉, <Figure 3>의 상단 부분만 사용할 경우, 위치공차 범위 내에서 방위가 틀어짐을 방지할 수는 없다. 하지만 <Figure 3>의 상, 하단 부분을 모두 사용하는 복합윤곽공차를 사용하면 <Figure 12>의 오른쪽과 같이 위치는 위쪽으로 조금 올라가지만 방위의 틀어짐은 방지할 수 있다. 왜냐하면 복합윤곽공차의 하단 부분은 위치를 관리하지는 않기 때문이다. 물론 하단 부분의 공차값은 상단 부분의 공차값 보다는 적어야 한다.



<Figure 12> Composite Profile Case 03

4. 결과 및 분석

지금까지 비교해본 내용들을 정리해보면 다음과 같은 특징을 알 수 있다.

복합윤곽공차와 복수단 윤곽공차가 같은 결과를 내는 조건은 다음과 같다.

1. 공차가 주어진 표면이 제1 데이터에 대해 수직이고 상, 하단 2개의 부분을 가지는 경우
2. 하단 부분이 한 개의 데이터(상단의 제1 데이터)를 가지거나 혹은 데이터가 없는 경우이다.

이를 그림으로 표시하면 <Figure 13>과 같다.

Composite				Multiple Single-Segment					
⤴	1.8	A	B	C	⤴	1.8	A	B	C
	0.4	A				⤴	0.4	A	
⤴	1.8	A	B	C	⤴	1.8	A	B	C
	0.4					⤴	0.4		

<Figure 13> Equivalent Controls for Composite and Multiple Single-Segment

또한 각 경우의 결과에서 보면 복합윤곽공차를 사용하지 복수단 윤곽공차를 사용할지는 다음의 경우에 따라 결정한다.

1. 공차가 주어진 형체의 방위공차보다 위치공차가 더 클 때 복합윤곽공차를 사용한다.
2. 복수단 윤곽공차는 공차가 주어진 형체의 방위, 형상과/혹은 크기와는 다른 공차값을 가지고 위치를 조정하거나, 2개 이상의 데이터에 대해 위치를 조정하고자 할 때 사용한다.

5. 결론 및 향후 연구 과제

윤곽공차는 많은 장점을 가지고 있다. 그 중에서도 복합윤곽공차와 복수단 윤곽공차는 기능요구에 따라 크기, 위치, 방위 및 형상오차가 다른 값을 가질 때 유용하게 사용 될 수 있는 심볼이다. 하지만 비교 연구를 하면서 여러 자료를 찾아보았지만 복수단 윤곽공차의 사용에 대한 정확한 정의와 사용법에 대한 자료는 거의 없었다.

본 연구의 결과로써 복합윤곽공차와 복수단 윤곽공차의 차이점을 구분하였으며, 같은 평면상에 사용되는 두 기호의 차이는 위치공차와 방위공차의 중요성에 따라 적용이 달라진다는 것이다.

그렇지만 두 가지를 같이 놓고 사용 할 수는 없다. 연구를 시작하기 전 세운 가정 중에서 복수단 윤곽공차만 적용되는 경우는 비교대상에서 제외시켰다. 이러한 상황을 제외한 나머지 상황 즉, 같은 평면상에서의 두 기호사용은 복합윤곽공차의 경우 지정된 면의 방위가 위치보다 좀 더 중요할 때 사용할 수 있으며, 복수단 윤곽공차의 경우는 복합윤곽공차에 비해 위치가 더 정밀해야할 때 사용 할 수 있다.

기하공차(GD&T : Geometric Dimensioning and Tolerancing)에 사용되는 심볼은 총 14가지가 있으며, 각각은 다시 여러 표시방법으로 그 의미를 달리 한다. 본 연구는

윤곽공차, 그 중에서도 복합윤곽공차와 복수단 윤곽공차를 다루었다. 하지만 전체 기하공차의 매우 작은 부분을 다루었기에 점점 도면의 중요성이 확대되고 있는 시점에서 기하공차의 사용에 대한 정확한 연구 및 분석이 이루어져야 한다고 본다.

## References

- [1] ASME Y14.5M-1994, Dimensioning and Tolerancing, *The American Society of Mechanical Engineers*, 1994.
- [2] Chang, H.S. et al., Optimal Tolerance Design within Limited Costs using Genetic Algorithm, *Journal of Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, 1999, Vol. 22, No. 49, pp. 33-41.
- [3] Kang, B.C., Dimension-Tolerance Design with Cost Factors, *Journal of the Korean Society for Quality Management*, 1998, Vol. 26, No. 1, pp. 172-191.
- [4] Krulikowski, A., Advanced Concept of GD&T, Effective Training Inc, 1999.
- [5] Krulikowski, A., Fundamentals of Geometric Dimensioning and Tolerancing, video Training workbook, Effective Training Inc, 1998.
- [6] Krulikowski, A., Geometric Tolerancing Application Workbook-student version, Effective Training Inc, 1994, pp. 16-21.
- [7] Lee, S.H., A Study on the Optimization of Position Tolerance of Fasteners Considering Process Capability, [dissertation]. [Gumi, Korea] : Kumoh National Institute of Technology, 2007.
- [8] Park, K.H., A Study on Tolerance Design of Mechanisms Using the Taguchi Method, *Journal of the Korean Society of Precision Engineering*, 1996, Vol. 13, No. 6, pp. 66-77.

## ORCID

Jun-Ho Kim | <http://orcid.org/0000-0002-5936-9975>

Sung-Ho Chang | <http://orcid.org/0000-0002-9758-2902>

Doo-Wan Ra | <http://orcid.org/0000-0003-0054-5687>