

다단식 상하이동형 볼라드의 개발 Development of a Multistage Bollard with Up and Down Movement

변홍석*†
Hong-Seok Byun*†

(Received 10 October 2014, Revision received 28 November 2014, Accepted 19 January 2015)

Abstract: Bollard installed on the street is a facility that protects pedestrians by restraining cars from entering on the sidewalk. It is basically classified into manual, semiautomatic, automatic type and mostly manual type is widely used because the automatic type is imported and much expensive. However, in case of manual handling type in practice, it is very troublesome and difficult to remove it whenever cars are permitted, and in case of automatic type, since underbody of a bollard is very long, it is difficult to dig a deep hole in the ground because a pipe, a hose or a cable is under the surface. In order to reduce these difficulties, this paper proposed new design of the multistage bollard that moves up and down automatically by using hydraulic system. This is developed by 6 step creativity of TRIZ inventive problem solving and structural analysis. The developed bollard can be installed in shallow hole and allow entry of vehicles through up-and-down movement without its removal manually. Finally, we could see smoothly motion through the manufactured bollard.

Key Words : Multistage bollard, Up-and-down movement, 6 Step creativity, Structural analysis

기 호 설 명

ϕ : 볼라드 직경(cm)

I : 상호작용

e : 요소

1. 서 론

볼라드는 차도나 인도의 경계에 설치되어 차량의 보도진입을 규제하여 보행자의 안전과 통행에 지장을 주지 않고 차량이 보도에 주정차시 발생

할 수 있는 보도의 파손을 방지하는 기능을 수행하는 시설물이다.¹⁾

현재 사용되고 있는 볼라드는 크게 일반도로 차량진입규제용과 보행로 차량진입규제용으로 두 가지로 구분할 수 있다. 국내에서 볼 수 있는 보행로 차량진입규제용 볼라드는 다양한 재료로 제작된 형태들을 가지고 있다. 예전에는 화강암이나 기타의 방지턱 등으로 차량을 규제하고 있었으나, 교통약자이동편의 증진법이 제정되면서 Fig.1과 같이 차량진입 방지를 지주관 형태인 진입규제 볼라드로 대체되고 있는 실정이다.

*† 변홍석(교신저자) : 울산과학기술대학교 기계공학부
E-mail : hsbyun@uc.ac.kr, Tel : 052-279-3127

*† Hong-Seok Byun(corresponding author) : School of Mechanical Engineering, Ulsan College.
E-mail : hsbyun@uc.ac.kr, Tel : 052-279-3127



Fig. 1 Bollards installed along a road

최근에 많이 사용되고 있는 볼라드는 강관이나, 스테인레스 강관을 주로 사용하고 있으며, 강관의 표면에 폴리우레탄 등의 소재를 강관표면에 부착하여 충격을 완화하는 기능을 갖춘 볼라드가 보급되고 있다. 그리고 사람이 직접 수동으로 탈부착하는 고정식 볼라드 타입에서 자동으로 상하이동하는 자동식 타입까지 개발되고 있다. 그러나 대부분의 자동 볼라드는 수입에 의존하고 있고 국내에서는 연구개발이 미비한 실정이다. 또한, 기존의 볼라드는 차량진입 방지 및 허용시 직접 수동으로 작동시켜야 하는 불편함이 있고, 먼지, 모래 등의 이물질이 이동접촉면에 유입됨에 따라 부식이 발생하여 미관상 좋지 않고 내구성 저하에 의한 수명 단축될 수 있다. 이로 인해 부품의 잦은 교체 비용일 발생할 수 있으며, 무엇보다도 굴착깊이에 따른 작업 난이도 때문에 설치비용이 과다 발생하고 설치가 불가능한 상황이 발생할 수 있는 등 많은 문제점을 안고 있다. 따라서 본 연구에서 보행시설물의 구조, 시설기준의 세부기준을 준수하면서 기존의 볼라드 문제점을 개선시키는 신개념의 다단식 자동 상하이동형 볼라드를 개발하고자 한다. 자동 상하이동을 위한 제어 시스템 설계는 본 연구의 범위에 포함되지 않으며 몸체의 구조적 설계에 그 연구 목적을 둔다.

2. 볼라드 종류 및 특징

볼라드는 보행자와 차량의 효율적 통제를 통해 보행자의 안전을 개선하고 거리의 혼잡성을 해소

할 뿐만 아니라 안전사고를 미연에 방지할 수 있는 등 그 효과가 매우 크다. 특히, 우발적인 차량의 돌진으로 인해 보행자 또는 시설을 보호할 수 있는 큰 장점이 있다.

볼라드는 그 작동방법에 따라서 고정식, 반자동식, 자동식 등으로 크게 3가지로 구분할 수 있다.

고정식은 볼라드의 상하이동이 불필요한 곳에 설치되어 지표면에 고정되어 박혀있는 타입으로 차량을 완전 통제하여 보행자를 보호하는 방식이며 사람이 직접 탈부착해야 하는 어려움이 있다.²⁾ 최근에는 보행자의 충돌이나 저속차량 등의 외부 충격을 흡수할 수 있는 기능 갖춘 볼라드가 개발되고 있다.

반자동식은 볼라드가 상하이동이 가능하나 구동시스템을 통한 완전자동화가 아니라 사람이 직접 볼라드의 상하이동시키는 타입이다. 많이 사용되고 있는 타입은 스프링식으로 볼라드의 아래쪽에 키를 넣어 돌린 다음 하중을 실어 내리 누르면 서서히 실린더 부분이 아래로 하강하게 되고, 상승시킬 때는 다시 키를 돌리면 실린더 내부에 장착되어 있는 스프링의 힘으로 상승하는 방식이다.

Table 1 Different types of the bollards

Type	Contents
Hydraulic	<ul style="list-style-type: none"> • Use of a hydraulic system • Accurate control • High expensive • Oil leakage
Pneumatic	<ul style="list-style-type: none"> • Use of a pneumatic system • Very speed • Difficult to control(Inaccurate) • Risk of explosion
Electric	<ul style="list-style-type: none"> • Use of a electric system • Accurate control • High risk by water leakage • Noise by friction and short life

자동식은 에너지를 통해 자동으로 승하강하는 타입으로 차량진입을 억제 또는 허용할 수 있으며 차량 출입을 완전히 제어할 수 있는 방식이다. Table 1과 같이 주로 사용되고 있는 에너지원

에 따라서 유압식, 공압식 및 전기식으로 나눌 수 있다. 유압식이 가장 많이 사용되는 타입으로 국내로 수입되는 많은 자동 블라드가 여기에 속한다.

전기식은 전기모터를 사용하여 블라드를 자동으로 상하이송을 가능하게 한 것으로 구성 핵심 부품인 전기모터는 정밀제어가 가능하지만 눈 또는 비가 스며드는 경우를 대비하여 수밀구조가 되어야 하는 단점이 있다.

3. 블라드 설계

3.1 운용개념

블라드는 기존의 시설물과 사람을 보호하기 위해서 원래의 기능 뿐만 아니라 도로의 주변 환경과 조화를 이루어 도시미관을 개선하고 공간활용도를 높일 수 있는 장점이 있다. 대부분의 블라드는 주택, 아파트, 상가, 관공서 등의 입구에 설치하여 차량의 진입을 억제하는 역할을 수행한다. 블라드 운용은 크게 세 단계로 나누어진다. 먼저 차량진입을 위해 차량을 인식하고, 진입을 허용하면 블라드가 하강하고 진입 후 다시 블라드가 다시 원상 복귀한다. 차량인식은 차량인식시스템이나 수동으로 인터폰을 사용할 수 있고 블라드의 상하 이동은 관리실에서 버튼을 조작하거나 무선 원격으로 조종할 수 있다.

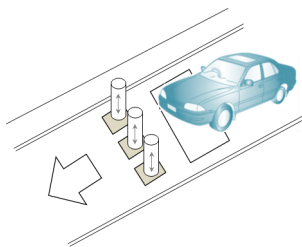


Fig. 2 Operation of the bollard used to prevent or permit cars

3.2 설계기준

블라드의 설계는 보행시설물 세부 기준사항을 만족시켜야 한다. 따라서 정부에서 제정한 기준법규를 만족시키면서 보행자 및 사용자의 편의성을 고려하여 아래와 같이 그 설계 기준을 마련하

고 이에 준하여 개념설계를 수행하였다.

규칙 1. 차량 진입 방지 및 허용 가능하도록 자동으로 상하 이동이 가능하여야 한다.

규칙 2. 블라드의 설치공간을 가능한 작게 하고 설치가 손쉽도록 설계되어야 한다.

규칙 3. 자동차 진입억제용 블라드는 밝은 색의 반사도료 등을 사용하여 쉽게 식별할 수 있도록 해야 한다.

규칙 4. 자동차 진입억제용 블라드의 높이는 보행자의 안전을 고려하여 80~100cm로 한다.

규칙 5. 블라드의 직경은 충격보호 및 강도를 고려하여 10~20cm로 한다.

규칙 6. 우천시 녹이 잘 쓰지 않는 재료를 사용하고 저속 차량의 충격에 견딜 수 있는 구조이어야 한다.

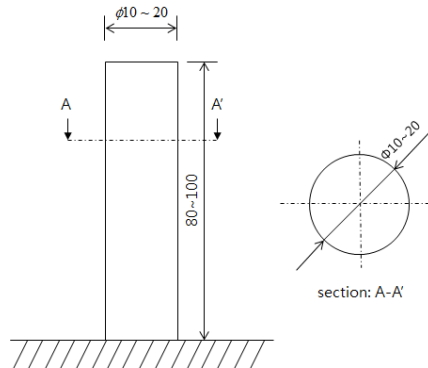


Fig. 3 Standard of the bollard

3.3 설계 프로세스

자동 상하 이동식 블라드의 개념설계를 위해 아래의 Fig. 4와 같이 설계를 진행한다. 설계의 목적은 국내에 보급된 대부분의 수동 및 고정식 블라드의 불편함을 해소하고, 고가의 수입에 의존하고 있는 상하이동식 블라드의 문제점을 개선하는데 둔다.

먼저 기존 블라드의 문제점을 분석하고 이를 해결하기 위해서 창의적 문제 해결 기법인 트리즈를 적용한다. 이로부터 획득한 개념설계안에 대해 구조해석을 수행하고 구조적 문제가 없다면 이를 채택한다.

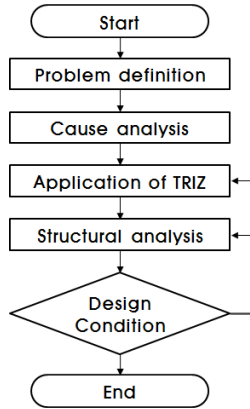


Fig. 4 Design procedure

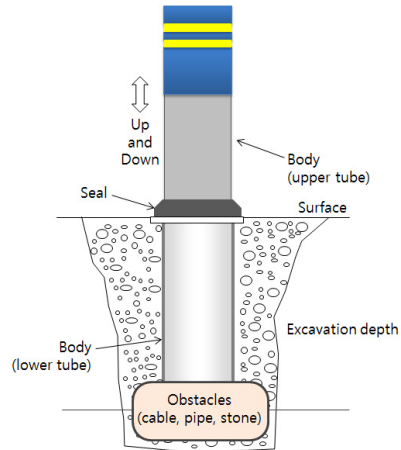


Fig. 5 Diagram of the bollard

3.4 트리즈(TRIZ)

트리즈는 개념설계과정에 있어서 창의성을 향상을 위한 창의적 설계 방법으로 수렴적 사고를 통해 문제에 대해 그 해를 찾아가는 기법이다. 특히, 여러 요소들로 구성된 복잡한 문제의 해결책을 찾는데 유용한 도구가 된다. 본 연구에서는 창의력 향상을 위한 새로운 방법론인 트리즈의 6단계 창의성(6 Step Creativity)³⁾을 적용한다. 이 방법론은 자신의 경험과 지식에 의한 사고관성을 제거하고 새로운 방향으로 문제를 창의적으로 풀어 가게 한다. 이것은 문제의 도식화, 요소-상호작용 및 문제해결책과 평가, 트리즈의 기술진화, 이상해결책 및 모순을 새롭게 해석하여 만들어졌으며 이러한 방법을 통해 새로운 문제들을 짧은 시간에 창의적으로 해결할 수 있으며 많은 문헌에서 그 연구를 찾아볼 수 있다.^{4,7)}

3.4.1 경계영역의 도식화

문제의 관계성을 도식화시키면 문제를 보다 근본적으로 쉽게 분석할 수 있고, 문제의 해결 방향을 명확하게 드러나게 할 수 있다. 따라서 문제를 해결하기 위하여 문제의 핵심을 그림으로 표현하는 것은 매우 중요하다. Fig. 5는 블라드 설계의 문제점을 나타내고 있다. 본 연구의 문제점은 차량 또는 보행자의 진입을 억제 또는 허용할 수 있어야 하며 땅속에 쉽게 매설 되어야 한다는 것이다.

3.4.2 시스템 기능 분석

시스템의 기능분석은 기술시스템이나 공정을 기능의 관점에서 분석하여 비교적 간단한 모델로 기술시스템을 분석하는 방법이다. 시스템의 기능분석은 요소로 구성되는 기술시스템, 목표대상 및 환경요소로 구성되어 있다. 이것을 시스템의 역할인 기능을 상호 부품사이에 어떤 기능으로 존재하는지를 분석하여 기능분석의 정의에 따라 표현한다. 자동 블라드의 기술시스템을 기능 분석하여 도식화하면 Fig. 6과 같이 표현할 수 있다.

기술시스템이 차량 또는 보행자를 진입허용 및 억제를 할 수 있고 지표면 아래에 매설되어야 한다. 목표대상물은 차량 또는 보행자로 설정하였고 이때 환경요소의 흙과 돌맹이, 또는 각종 케이블과 배관 등으로 인하여 매설이 불가능한 경우가 발생하는데 이것을 유해요소라 보았다.

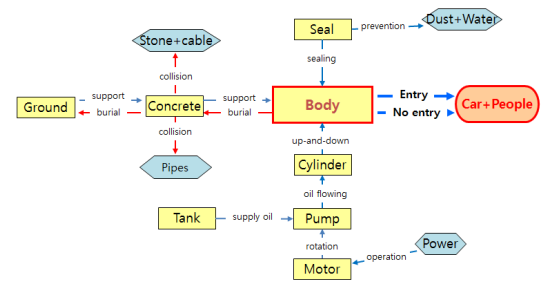


Fig. 6 System function analysis

3.4.3 이상해결책

이상해결책은 자신의 경험과 지식에 의한 사고 관성을 제거하는데 아주 유용하고 해결책 수준을 높여주는 결과물로서 문제를 해결하기 위해 나아가는 특정한 방향을 벗어나게 하여 새로운 방향으로 향하게 한다.

경계영역의 도식화와 시스템의 기능 분석을 통해 자동 블라드의 이상해결책을 다음과 같이 규정할 수 있다.

- 블라드는 지표면 아래 얇게 매설되어야 한다.
- 블라드 매설을 위한 굴착깊이를 최소화한다.

3.4.4 모순과 분리원리

모순은 트리즈의 중요한 개념 중의 하나로서, 시스템의 어느 한 특성을 개선하고자 하면 다른 한 특성이 악화되는 것으로 모순을 근본적으로 해결하면 시스템이 가지고 있는 문제들을 해결할 수 있다. 이러한 모순을 해결하는 방법으로는 분리의 원리가 있고 여기에는 시간에 의한 분리, 공간에 의한 분리, 전체와 부분에 의한 분리 및 조건에 의한 분리 등이 있다.

자동 블라드의 설계에 대한 모순은 시스템의 기능분석과 이상해결책으로부터 다음과 같이 제시하였다.

모순: 블라드의 높이는 높아야 하고 낮아야 한다.

시간의 분리: 블라드의 굴착깊이를 얇게 하려면 블라드의 높이는 낮아야 하고 진입을 억제하고 보행자의 안전을 위해서는 블라드의 높이는 높아야 한다.

3.4.5 요소-상호작용

요소-상호작용은 시스템과 관련된 문제를 모델링하기 위한 핵심적인 도구로 6단계 창의성의 방법론 중에서 가장 강력한 문제 해결 능력을 가진 방법이다.

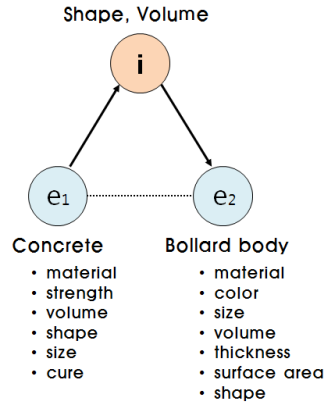


Fig. 7 Element-Interaction between the bollard body and the concrete

Fig. 7은 블라드 몸체 설계에 적용한 요소-상호작용 모델을 나타내며, 요소는 블라드 몸체와 콘크리트이고, 상호작용은 형상 또는 체적이다. 블라드 설계에 고려해야할 중요한 인자는 몸체의 형상 즉, 체적을 고려하는 것임을 알 수 있다.

3.4.6 해결책과 평가

해결책과 평가단계에서는 5단계를 통하여 도출된 문제에 대한 여러 가지 해결책을 종합적으로 분석하고 최종적으로 선택하여 평가를 실시하여 해결책의 적용여부를 판단해야 한다.

본 연구의 블라드 설계에서도 도출된 문제에 대해 아래와 같이 모순과 해결책을 제시하였다.

- 모순정의: 블라드의 몸체 높이는 높아야 하고 낮아야 한다.
- 설명: 차량 또는 보행자 진입을 억제하기 위해서는 몸체는 지표면으로부터 상승하여야 하고 진입을 허용하기 위해서는 지표면 아래로 하강하여야 한다. 또한 지표면 아래의 돌, 배관 및 케이블과 충돌을 방지하기 위해서는 굴착깊이를 얇게 하여야 한다.
- 표준해결책: 블라드의 몸체를 분할하여 체적이 변할 수 있도록 한다.
- 결론: 블라드가 상승 및 하강시 몸체를 포괄할 수 있도록 한다.

3.5 구조해석

볼라드의 구조해석을 위해 3차원 형상 설계프로그램인 Inventor 2013을 사용하여 모델링을 수행하였고, 구조해석을 위해 상용화된 범용 유한요소 프로그램인 ANSYS를 사용하였고, 여러 문헌에서 이를 통하여 구조해석 연구를 살펴볼 수 있다.⁸⁻⁹⁾ 해석모델에 사용된 재료는 스테인레스강이며 그 물성값은 아래의 Table 3과 같다.

Table 3 Material properties for FE simulation

Young's Modulus(GPa)	193
Yield Strength(MPa)	207
Ultimate Strength(MPa)	586
Poisson's ratio	0.31

하중은 1ton과 1.5ton을 볼라드의 1단부위의 상부관에 가하였고 볼라드의 두께는 3mm이다.

Fig. 8은 하중 1톤이 가해졌을 때 구조해석을 통해 획득한 볼라드의 응력을 보여주고 있다. 지면과 인접한 2단부위의 아래쪽에 최대응력 200.81 MPa이 발생한다는 것을 확인 할 수 있었다. 이때 안전계수는 1.03이다. 그러나 Fig. 9을 살펴보면, 하중이 1.5톤 가해졌을 때 2단부위 아래쪽에 최대응력이 301.22MPa이 발생하였고 이때 안전계수는 1보다 작다. 따라서 재료의 심한 변형 또는 파괴를 초래할 것으로 예측된다. 따라서 볼라드의 정상적인 작동을 위해 1톤 이하의 충격하중에 대해서 사용하는 것이 바람직하다고 할 수 있겠다.

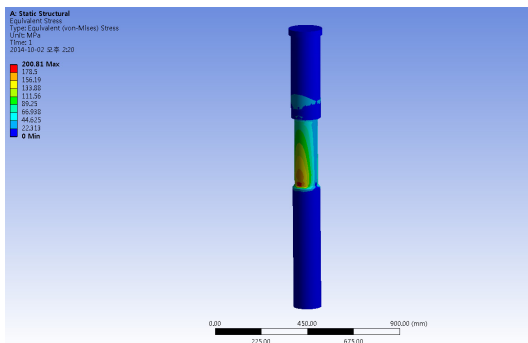


Fig. 8 Stress of the bollard(1ton)

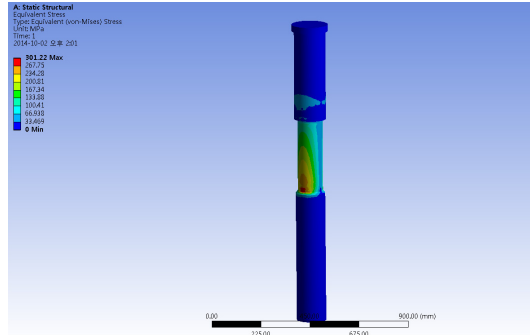


Fig. 9 Stress of the bollard(1.5ton)

4. 시제제작

차량의 진입을 규제하고 허용할 수 있는 자동 상하이동형 다단식 볼라드를 트리즈 기법과 구조해석을 통해 설계하고 시제를 제작하였다. 제작된 볼라드는 보행시설물 세부 기준사항을 만족하면서 원활한 구동을 가진 것을 알 수 있었다.

에너지 동력원인 유압과 다단실린더를 통해 볼라드를 상승시킬 때 하부관에 포개져 있는 상부관 1단, 2단은 원활하게 펴지는 것을 확인할 수 있었고, 또한 하강시 2단의 상부관이 하부관 안으로 매끄럽게 접히는 것을 확인할 수 있었다.

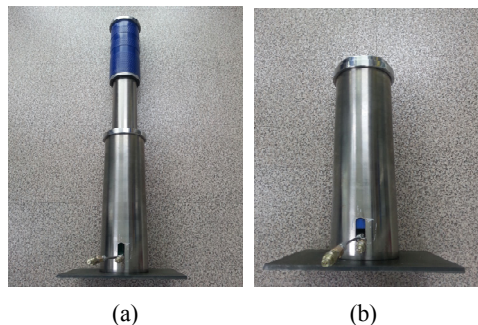


Fig. 10 The manufactured bollard((a)unfolded and (b)folded)

5. 결 론

본 논문에서는 차량의 진입을 억제 또는 허용하고 보행자의 안전한 통행을 확보 가능한 다단

식 상하이동형 볼라드를 개발하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 기존의 수동으로 탈착가능한 고정식 볼라드의 문제점을 해결하기 위하여 트리즈를 이용하여 볼라드의 개념설계를 수행하였다.

2. 땅속의 배관, 전선 및 돌 등 장애물 때문에 깊은 굴착을 하지 않아도 얇은 굴착깊이로 볼라드를 설치할 수 있고 또한 수동 탈착방식을 벗어나 자동으로 승하강할 수 있는 다단식 상하이동형 볼라드를 개발하였다.

3. 트리즈에 의해 개념설계된 모델을 대상으로 구조해석을 통해 견딜 수 있는 충격하중을 예측하였으며 시제제작을 통해 자동으로 원활하게 승하강되는 것을 확인할 수 있었다.

개발된 볼라드는 양산품으로 제작되기 위해서는 볼라드 상단부에 도시미관 및 야간 보행자를 위한 LED 장착 등의 세밀한 부분 연구될 필요가 있다. 특히, 향후에 구조적으로 강한 충격력을 견딜 수 있는 최적 설계 연구가 진행될 것이며, 본 연구의 볼라드 설계 프로세스는 새로운 볼라드 설계 및 해석방법에 도움을 줄 것으로 기대된다.

References

1. S. H. Park, 2010, "A Study on the Development of a Bollard Design for Pedestrian Environments", Journal of Korean Society of Design Science, Vol. 23, No. 6, pp. 23~28.
2. T. J. Park, B. G. Jung and K. M. Lee, 2011, "A Study on the Fundamental Performance of Electric-driven Bollard", Journal of Korean Society of Mechanical Technology, Vol. 13, No. 4, pp. 169~173.
3. H. J. Kim, 2006, Creative Science of TRIZ, DooYangSa, Korea, pp. 85~99.
4. S. H. Lee, S. H. Lee, S. W. Hwang and C. S. Han, "A Study on the Distinction of Landmine Detection Using 6 Step Creativity of the TRIZ", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 11, No. 4, pp. 1163~1170.
5. K. S. Lee and J. H. Choi, 2009, "A Conceptual Design of New Automatic Bicycle Transmission by TRIZ and Design Axiom", KSME-A, Vol. 33, No. 3, pp. 269~275.
6. H. Y. Choi, Y. M. Jeong and J. S. Lee, 2012, "Design of Air-Conditioner Frame Structure Using TRIZ Based Contradiction Analysis", Journal of the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers, Vol. 21, No. 6, pp. 961~967.
7. C. D. Jung, W. J. Chung, J. S. Ahn, G. S. Shin and S. J. Kwon, 2012, "Optimal Mechanism Design of In-pipe Cleaning Robot", Korean Society of Manufacturing Technology Engineering, Vol. 21, No. 1, pp. 123~129.
8. K. W. Nam, H. S. Gwon and C. S. Son, 2010, "Optimization of Design of Safety Block by Structural Analysis", The Korean Society for Power System Engineering, Vol. 14, No. 3, pp. 71~76.
9. D. S. Gu and W. C. Kim, 2013, "Structural Analysis of 800Ton Hot Stamping Press, Korean Society of Manufacturing Technology Engineering, Vol. 17, No. 1, pp. 97~103.