

## 선체 블록내 용접을 위한 새로운 승월 메커니즘 개발

정원지(창원대 메카트로닉스공학부), 김기정\*(창원대 대학원 기계설계공학과)  
김성현(창원대 대학원 기계설계공학과), 박명환((주)로봇밸리), 신기수((주)로봇밸리)

Development of a New Climbing Mechanism for Inter-Block Welding in Shipbuilding

W. J. Chung(Mechatronics Dept., CNU), K. J. Kim(Mech. De. & Manu. Dept., CNU)  
S. H. Kim(Mech. De. & Manu. Dept., CNU), M. H. Park(RobotValley Co.), K. S. Shin(RobotValley Co.)

### ABSTRACT

This paper presents the development of a new climbing mechanism for inter-block welding in Shipbuilding. The climbing mechanism is that it is career type of robot that can pass over block interval for welding of interblock in shipbuilding. The point part of mechanism is that move ballscrew. The Ballscrew's capacity account and dynamic analysis of leg part are achieved through this paper. Force and torque analysis were achieved by simulation. This can have strong point in side of cost-cutting and welding amount of work than existent method.

**Key Words** : 승월 메커니즘, 선체 블록 용접, Ball-Screw

### 1. 서론

우리나라의 조선 산업은 규모면에서 단연 세계 으뜸이라 할 수 있다. 기술적인 면에서도 많이 성장하여 부가가치가 높은 선박 위주의 수주도 조금씩 늘어가고 있는 상황이다. 그러나 현재 세계 조선 산업은 기존의 노동 집약적 산업에서 첨단 기술 적용 산업으로 변모 중이며, 노동력만으로는 더 이상 세계 최대 조선국이 될 수 없다는 인식을 하고 있다. 이에 국내 조선 업계에서는 조선 공정의 대부분을 차지하는 선체 블록 내 용접공정의 자동화를 위한 노력을 해오고 있다.

선체 블록 내 용접공정의 자동화를 위해 로봇을 도입하는 경우 로봇의 이동방식에 따라 크게 2가지 방식으로 나뉜다. 이동방식에 따라 로봇을 나누면 천장에 구조물을 설치하여 로봇을 원하는 위치에 이동시키는 겐트리(Gantry) 방식과 로봇에 이동을 위한 대차를 이용하는 캐리어(Carrier) 방식이 있다. 이와 관련해서 기업 주도의 실용적인 연구가 오래전부터 진행되어 왔다. 겐트리 방식에 관한 연구는 빠른 시간 내에 작업 순위를 결정하고 원하는 위치에 로봇이 위치할 수 있는 연구가 주를 이루고 있다. 그리

고 캐리어 방식의 경우 Fig.1과 같이 로봇의 다리를 슬라이딩 조인트를 이용하여 선체 블록 내 벽을 넘을 수 있는 방안에 관한 연구가 주를 이루고 있다.

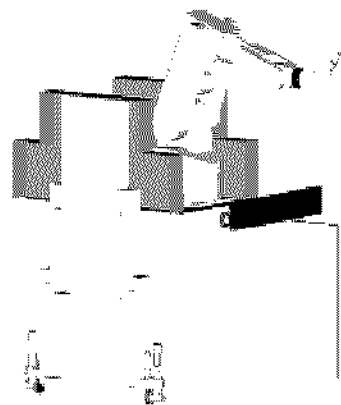


Fig.1 Climbing Mechanism

겐트리 방식의 경우 대형 구조물이 필요하기 때문에 설치공간에 제약을 받고 비용이 많이 소요된다. 그리고 캐리어 방식의 경우 슬라이딩 조인트를 이용할 경우 상부의 무게에 따른 불안정한 요소를

내포하게 된다.

이에 본 논문에서는 무게 중심을 최대한 낮추면서 동작의 원활함을 가지는 새로운 승월 메커니즘을 제안하고자 한다.

## 2. Climbing Mechanism

### 2.1 Climbing Process

Fig.2(a)는 새로운 승월 메커니즘의 전체를 나타낸 것이고 Fig.2(b)는 핵심 부분인 볼스크류를 나타내고 있다. 볼스크류 4개를 이용하여 로봇의 상하운동을 만들어 내고 LM Guide를 이용하여 벽을 넘는데 필요한 지지대 역할을 한다.

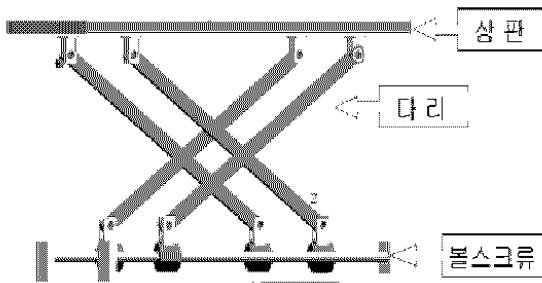


Fig.2(a) Climbing Mechanism

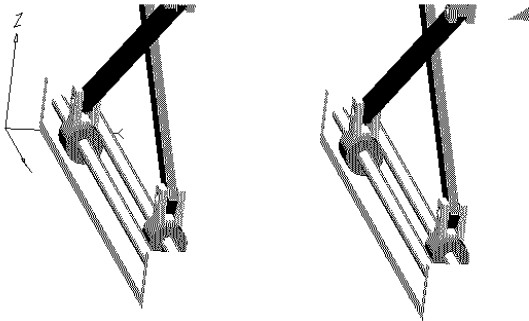


Fig.2(b) Ballscrew

전체적인 승월 과정은 우선 로봇이 벽을 감지하면 4개의 볼스크류를 이용해 로봇이 일어서게 된다. 그리고 벽을 지지할 수 있는 LM Guide를 이용한 지지대를 이용하여 벽의 상부로 이동한다. 지지대의 이동 후에 로봇의 벽과 가까운 거리에 있는 다리 2개가 접하면 로봇이 벽 반대편으로 이동을 하게 된다. 이동이 끝나면 접혀 있던 다리를 다시 펴고 반대편의 다리는 접혀서 반대편의 선체 블록 내로 이동을 하게 되어 승월 운동이 완성된다.

### 2.2 볼스크류의 선정

새로운 승월 메커니즘의 핵심 부분은 볼스크류이

다. 승월 메커니즘 상부에 용접을 위한 소형 6축 로봇과 제어반으로 인한 하중 때문에 볼스크류의 선정을 매우 중요하다. 선정시에 볼스크류의 리드에 대한 부분은 선체 블록내 벽에 대한 데이터는 고정되어 있기 때문에 볼스크류의 축경 선정이 필요하다. 볼스크류의 축경을 선정할 경우 축방향에 대한 최대하중이 작용할 때 나사축에 변형을 발생시키는지에 대한 검토가 필요하다. 나사축의 축방향 허용하중은 일반적으로 식(1)에 의해 구할 수 있다.

$$P = x \cdot \eta \cdot \pi^2 \cdot \left( \frac{EI}{L^2} \right) \quad (1)$$

식(1)에서  $P$ 는 축방향 허용하중으로서 상부의 모든 요소를 포함하여 500N이다.  $x$ 는 안전계수로서 0.5로 설정한다.  $E$ 는 종탄성계수를 나타내며 볼스크류의 재질을 고려했을 때 값은  $2.06 \times 10^5 MPa$ 이다. 그리고  $L$ 은 하중작용점간 거리를 나타내고  $\eta$ 는 볼스크류의 조립방법에 의한 계수로서 양쪽 고정단을 사용하기 때문에 4의 값을 취한다.  $I$ 는 나사축의 최소단면이차모멘트로서 식(2)와 같다.

$$I = \frac{\pi d_r^4}{64} \quad (2)$$

식(2)에서  $d_r$ 은 나사축의 지름을 나타내며 계산한 결과 값은 0.36 mm이다.

### 2.3 다리부에 대한 동역학 해석

승월 메커니즘의 다리부에 대한 동적 해석은 중요한 사항이다. 다리부의 동적 해석은 여러 방법 중에서 뉴턴의 법칙에 따라 식(3),(4)와 같이 시스템의 모든 힘과 토크의 합으로 쓸 수 있다.

$$\Sigma F = ma \quad (3)$$

$$\Sigma T = I_G \alpha \quad (4)$$

다리부의 동적 힘해석을 위해 Fig.3과 같이 단순화된 단일링크로 치환이 필요하다.

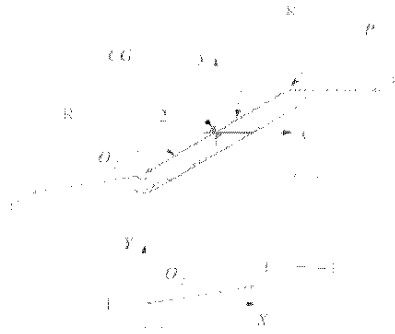


Fig.3 Force(free-body) Diagram

단일링크로 치환된 다리부에 대한 모든 힘과 토크는 식(3),(4)를 이용하여 식(5),(6)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\Sigma F = F_P + F_{12} = m_2 a_G \quad (5)$$

$$\Sigma T = T_{12} + (R_{12} \times F_{12}) + (R_P \times F_P) = I_G \alpha \quad (6)$$

식(5),(6)을 이용하여 x, y에 대한 각각의 식으로 연결하면 아래의 식(7)과 같은 행렬식으로 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned}
 [A] \quad [B] \\
 \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -R_{12} & R_{12} & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} F_{12x} \\ F_{12y} \\ T_{12} \end{bmatrix} \\
 [C] \\
 = \begin{bmatrix} m_2 a_{Gx} - F_{Px} \\ m_2 a_{Gy} - F_{Py} \\ I_G \alpha - (R_{Px} F_{Py} - R_{Py} F_{Px}) \end{bmatrix} \quad (7)
 \end{aligned}$$

식(7)에서 A행렬은 계에 대한 모든 기하학적 정보를 포함하고, C행렬은 계의 모든 동역학적 정보를 포함하고 있다. 그리고 B행렬은 모든 미지의 힘과 토크를 나타낸 것이다. 식(7)를 이용하여 안전계수를 고려한 다리부분의 두께는 25×55mm로 결정될 수 있다.

### 3. Simulation

#### 3.1 Force & Torque analysis

승월 메커니즘은 다리 부분이 받는 힘은 항상 일정하지 않다. 그렇기 때문에 다리 부분의 위치에 따른 조인트 부분의 반력과 토크 해석은 필수적이다. 본 연구에서는 MATLAB을 이용하여 상하 조인트의 반력과 토크 계산을 수행하였다. Fig.4(a)는 다리 부

분의 각도에 따른 볼스크류의 너트 부분과 연결된 부분의 반력과 토크를 나타내고 Fig.4(b)에서는 상판과 연결된 조인트의 반력과 토크를 나타내고 있다.

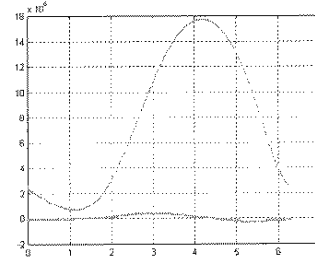


Fig.4(a) Force & Torque Analysis using MATLAB

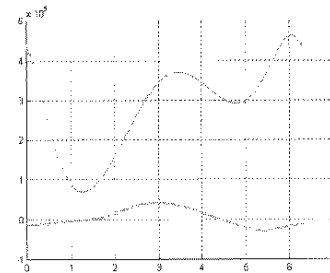


Fig.4(b) Force & Torque Analysis using MATLAB

승월 메커니즘의 구동부는 볼스크류를 이용하고 있기 때문에 볼스크류와 연결된 조인트에서 보다 많은 반력이 작용하는 것을 알 수 있다.

#### 3.2 응력해석

승월 메커니즘에서 위치에 따른 다리부분의 응력해석을 동적시뮬레이션 소프트웨어인 VisualNastran4D를 이용하여 수행하였다. 수행한 결과는 Fig.5(a),(b) 와 같다.

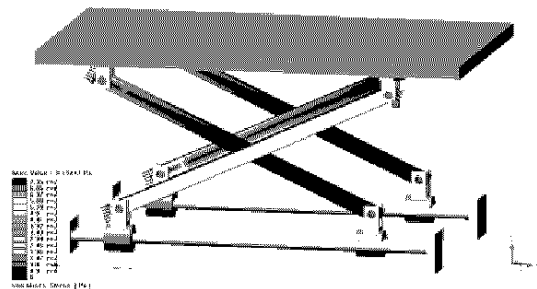


Fig.5(a) Force Analysis

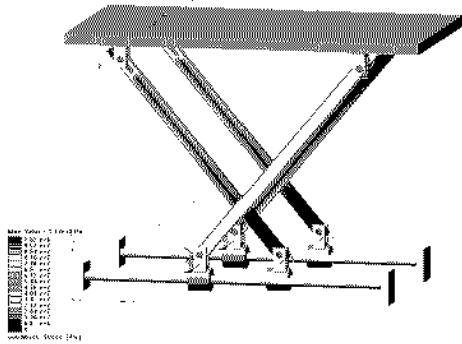


Fig.5(b) Force Analysis

#### 4. 결론

본 연구에서는 조선 공정의 핵심 부분인 선체 블록내 용접을 위한 승월 메커니즘을 제안하였다. 기존의 조선 공정에서 용접을 위하여 주로 이용되는 Gantry Type에 비해 공간의 제약과 유지 보수 비용의 절감을 기대할 수 있다. 그리고 작업의 유연성을 확보할 수 있다. 새로운 승월 메커니즘은 볼스크류를 이용하여 승월 운동이 이루어지기 때문에 기존의 Carrier Type에 비해 운동의 안정감을 준다. 이번 연구를 통하여 제안한 승월 메커니즘은 조선 공정에 국한되는 것이 아니라 산업 전반에 걸쳐 승월 메커니즘으로 구동 되는 부분에 활용할 수 있다.

#### 후기

본 연구는 한국과학재단 지정 창원대학교 공작기계기술연구센터(RRC)의 지원에 의한 것입니다. 또한 본 과제는 산업자원부의 출연금 등으로 수행한 지역전략산업 석·박사 연구인력 양성사업의 연구결과입니다.

#### 참고문헌

1. S. Tadoko, N. Kobayashi, N. Kawasaki, T. Takamori, & N. Miyazaki, An experimental study on improvement of weaving trajectories of welding robots by a learning scheme: IEEE Conf. on Robotics and Automation ,1993.
2. S. Futami, N. Kyura, & S. Hara, Vibration absorption control of industrial robots by acceleration feedback: IEEE Trans. on Industrial Electronics, Vol.30, No. 3, 1983, 299-305.
3. Y. Sakawa, F. Matsuno, Y. Kiyohara, & T. Abe,

- Modeling and vibration control of a flexible manipulator with three axes by using accelerometers: Journal of the Robotics Society of Japan, Vol. 6, No. 1, 1988, 42-51.
4. Nopi-Gipi, MATLAB an introduction and application.
  5. MSC. Working Knowledge, MSC.visualNastran Desktop Tutorial Guide, 2000.
  6. F. Solc, Matrix Model of Robot in Matlab Simulink, :Lecture notes in computer science, 2000, 250-258.