

실시간(real-time) 용접변형계측에 관한 연구 A study of Real-time Monitoring System for Welding Distortion

*손성우¹, 정재원¹, 김일수¹, 조선영²

*#S. W. Son(holyrain@mokpo.ac.kr)¹, J. W. Jeong¹, I. S. Kim¹, S. Y. Cho²

¹국립목포대학교 기계공학과, ²KLES(주)

Key words : welding distortion, monitoring system, real-time measurement

1. 서론

용접은 부품 및 반제품을 연결함에 있어 연속성이 유지되기 때문에 기계적으로 강도의 확보가 용이하고 응력의 흐름이 비교적 균일할 뿐만 아니라 생산성에 있어서도 다른 어떠한 연결공정보다 높기 때문에 그의 적용이 확대되어 왔다. 그 결과 현재 원자력발전소와 같은 거대한 설비를 비롯해서 해상구조물, 선박, 대형교량 등도 용접기술이 없으면 제조가 불가능한 단계에 이르렀다.¹⁾

대형구조물의 체결작업 시 구조물의 무거운 자중으로 인하여 비틀림 또는 지지대가 있는 위치에서 연속적인 국부변형이 발생한다. 특히 선박제조과정의 경우에는 핵심과정인 단위 블록제작 및 조립과정에서 변형이 발생된다. 용접공정이 포함된 구조물의 경우에는 변형이 심하며 장시간 동안 이루어진다. 특히 다양한 대형구조물에서 사용되는 용접공정은 높은 입열량을 이용해 금속의 용융과 냉각과정을 거쳐 이루어지며, 이 과정에서 용접부의 팽창과 수축으로 인해 3차원적인 구조물의 변형이 이루어지게 된다. 용접변형은 구조물의 미관을 손상시킬 뿐 아니라 초기변형, 잔류응력으로 구조물의 강도를 저하시키므로 이를 방지·교정하는 것이 매우 중요하다.

이러한 용접변형을 제어하기 위한 방법들은 대부분의 경우 해석적인 방법들이 사용되어져 왔다. 하지만 용접변형을 해석적으로 구하는데 있어 해석적인방법은 비교적 정확한 결과를 도출할 수 있으나 해석시간이 오래 걸리고 큰 저장 공간을 필요로 하는 단점이 있다. 이러한 이유로 일반적으로 작은 시편의 경우에 한정되어 해석이 수행되고 있으나, 대형 구조물에 적용하기에는 한계가 있다.²⁾⁻⁴⁾

본 연구에서는 철구조물의 제조작업시 발생하는 용접 변형량의 실시간 계측시스템을 개발하고, 개발된 시스템의 신뢰성 평가를 위한 용접실험을 수행하였다.

2. 실시간 용접변형계측시스템 개발

2.1. 용접 변형계측장치의 계측원리

Fig.1에서와 같이 3차원 좌표공간의 임의의 한 점을 2차원 좌표축(x'y')으로 살펴보면 P₁, P₂의 좌표는 다음과 같이 정의된다.

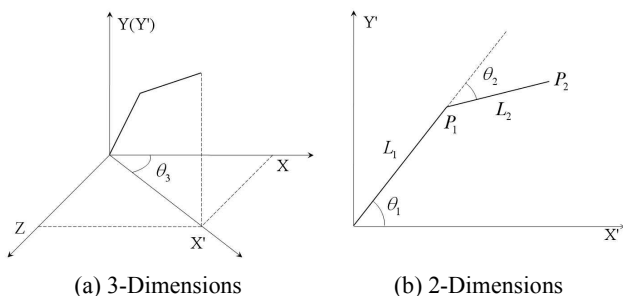


Fig.1 Principle of measuring displacement at any position.

$$\begin{aligned} P_{1x}' &= l_1 \cos \theta_1 \\ P_{1y}' &= l_1 \sin \theta_1 \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} P_{2x}' &= l_2 \cos (\theta_1 - \theta_2) + l_1 \cos \theta_1 \\ P_{2y}' &= l_2 \sin (\theta_1 - \theta_2) + l_1 \sin \theta_1 \end{aligned} \quad (2)$$

식 (1), (2)를 이용하여 P₂ 점을 3차원 좌표로 확장하면 실제 좌표는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} P_{2x} &= \cos \theta_3 \{ l_2 \cos (\theta_1 - \theta_2) + l_1 \cos \theta_1 \} \\ P_{2y} &= l_2 \sin (\theta_1 - \theta_2) + l_1 \sin \theta_1 \\ P_{2z} &= \sin \theta_3 \{ l_2 \cos (\theta_1 - \theta_2) + l_1 \cos \theta_1 \} \end{aligned} \quad (3)$$

각 링크의 길이 l₁과 l₂는 고정된 값이고, θ₁, θ₂, θ₃는 엔코더로부터 측정되는 절대각도값이다. 따라서 θ₁, θ₂, θ₃를 실시간으로 계속할 수 있다면 용접변형량의 변위를 실시간 3차원 좌표값으로 확인할 수 있다.

2.2. 용접변형 계측장치 구성

Fig.2는 개발된 용접변형 계측장치를 나타낸다. 크게 세 개의 엔코더와 두개의 링크로 구성되어 있으며, 링크 1의 양단에 장착된 엔코더 1, 2와 장치 하부 베이스에 부착되어 있는 엔코더 3 등 세 개의 엔코더를 이용하여 각 부분의 각도변화량을 측정하며, 탈·부착이 가능하도록 링크 2를 설계하여 다양한 형태의 대상물에 개발된 장치를 설치가 가능하도록 구성하였다.

용접변형 계측장치로부터 측정된 각변화 데이터를 실시간으로 모니터링하기 위하여 용접변형 계측장치로부터 측정된 대상물의 3축 변위데이터를 내보내는 송신부와 전송된 변위데이터를 수신하는 수신부를 구성하였다. 수신부는 송신부에서 보낸 용접변형 계측장치의 변위 데이터 정보를 무선으로 받아들이며, 모니터링 PC와 유선(RS-232)방식으로 연결되어 대상물의 변위 정보를 PC상에 출력된 화면을 통하여 실시간으로 모니터링 할 수 있도록 구성하였다.

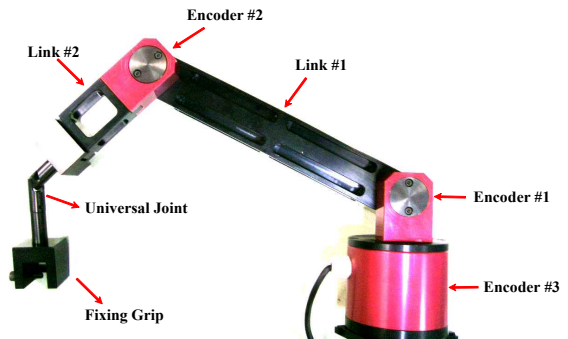


Fig.2 Development of real-time welding distortion measurement equipment

3. 실험 및 결과

본 연구를 통하여 개발된 장비의 성능평가를 위하여 Fig.3 와 같이 고정위치를 3가지 Case(Case I: 시험편 끝단, Case II: 시험편 중간단, Case III: 구속없음)로 나누어 bead-on-plate 용접 실험을 수행하였다.

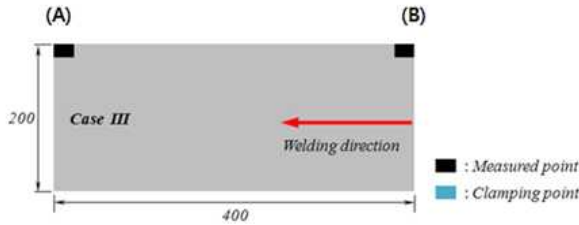


Fig.3 The position of clamping and measured point employed in experiment

다음은 Case III 의 경우 각 A, B 지점에서의 용접변형 계측시스템을 적용하여 측정한 결과를 나타낸다. 변형측정 시간은 350sec이며, A점과 B점에서 각 좌표축(X축, Y축, Z축)의 변형량을 계측하였으며, 좌표축에 따라 변형량이 변화함을 확인 할 수 있었다.

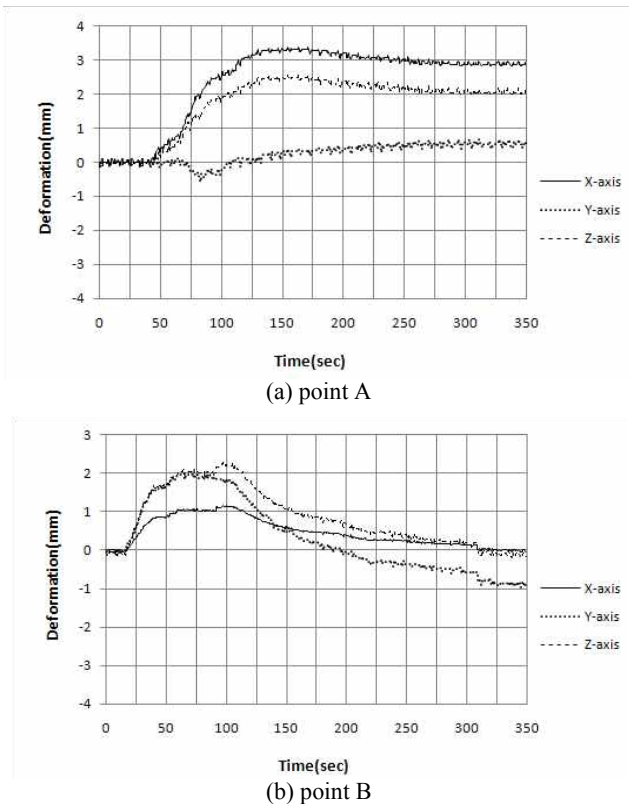


Fig. 4 Monitoring the real-time displacement at each points on bead-on-plate welding

4. 결론

(1) 3개의 엔코더와 2개의 링크를 이용하여 3차원좌표측정이 가능한 용접변형계측장치를 개발하였다. 장치는 고정된 링크의 값과 엔코더에서 측정된 각변위 값을 바탕으로 3차원좌표를 측정할 수 있다.

(2) 개발된 장비의 성능평가를 위하여 용접실험을 실시하였다. 용접의 진행에 따라 실시간으로 용접변형이 계측됨을 확인할 수 있었다. 이를 바탕으로 용접공정시 발생하는 변위를 즉각적으로 제어할 수 있게 된다면 용접구조물의 신뢰성을 높이고 생산성을 극대화 할 수 있을 것으로 예상된다.

후기

본 연구는 중소기업기술정보진흥원 지원으로 수행한 중소기업 기술연구회 사업의 연구 결과의 일부이며 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. 김재곤, "용접구조물의 파괴," 대한기계학회, 대한기계학회지 28-4, 322-327, 1988.
2. 류기열, 엄동석, "열탄소성 해석에 의한 원주용접 원통관의 잔류응력 예측과 그 영향에 대한 연구," 용접공학학회지, 15, 115-123, 1997
3. Masubichi, K. and Papazoglou, V. J., "Analysis and control of Distortion in Welded Aluminum Structures," SNAME Transaction, 86, 1978
4. Koichi Masubuchi, "Research Activities Examine Residual Stresses and Distortion in Welded Structures," Welding Journal. 41-47, 1991.