

전자처리 스펙클 간섭법을 이용한 다점 용접 접합부의 면외 변위측정

차용훈 · 성백섭* · 김일수* · 김하식** · 박영문***

조선대학교 공과대학 기계공학과 · *목포대학교 공과대학 기계공학과

조선이공대학 컴퓨터응용기계공학부 · *조선대학교 대학원

1. 서 론

점 용접부는 응력상태가 복잡하고, 피로균열은 판 두께, 너겟 직경, 용접 타점수, 부하 방식 등의 역학적인 인자와 재질, 화학성분, 표면 상태 등의 재료적인 인자, 그리고 용접전류, 가압력, 통전 시간등의 용접적인 인자의 영향을 동시에 받으며 3차원적으로 성장하므로 균열 성장 모드는 항상 혼합모드이고 균열이 박판 내면에서 발생. 성장하므로 검출이 곤란하여 균열 성장의 해석 및 예측이 어렵다¹⁾. 따라서 비접촉, 실시간, Whole-field, 레이저 파장 단위까지 측정이 가능하여 기존의 방법들의 문제점을 극복할 수 있고, 반도체와 같은 소형의 제품 뿐만 아니라 기존에 측정하지 못했던 초고온, 대형 구조물의 변형도 정확하게 측정을 할 수 있는 ESPI법을 이용하여 일반가진 제품, 자동차 건축용에 많이 사용되고 있는 아연도금강판(SGCC)을 선택하여 단일 용접조건으로 점용접의 피치를 변화시켜 시험편을 제작하고 면외변위를 다각도로 측정하여 그 가능성을 검증하고자 한다.

2. 이론 및 실험

2.1 면외변위 계측 및 시스템 구성

Fig. 1은 실시간법에서 줄무늬 형성원리를 보여주는 그림이며, 복소 진폭의 합은

$$U_S = U_O + U_{OR} = KA(x, y)e^{i\phi}[-1 + e^{i\Delta\phi(x, y)}] \quad (1)$$

$$I_S = U_S U_S^* = K^2 A^2(x, y)[2 - e^{i\Delta\phi(x, y)} - e^{-i\Delta\phi(x, y)}] \quad (2)$$

$$I_S = 2KA^2(x, y)[1 - \cos\Delta\phi] \quad (3)$$

어두운 줄무늬는 다음의 위치에서 점의 궤적으로 형성된다.

$$\Delta\phi = n\pi, \quad n=0, 2, 4, \dots \quad (4)$$

실시간법의 장점은 무엇보다도 물체의 변형에 대한 줄무늬 패턴을 변형이 일어나는 시점에서 관측할 수 있으며, Fig. 2는 면외변위 정보를 설명하는 개략도 그림이다.

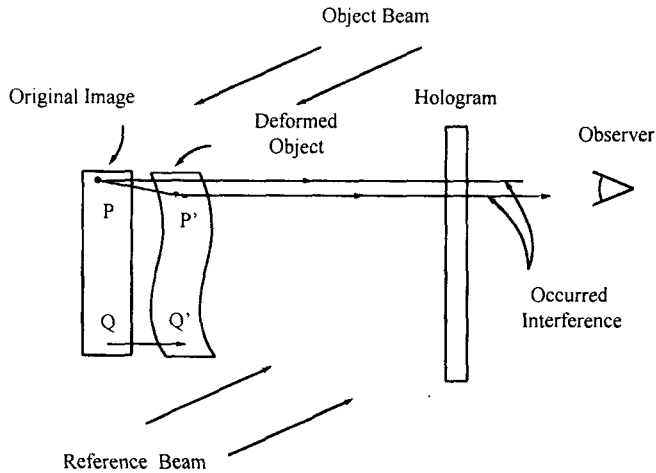


Fig. 1 Fringe formation in real-time holographic interferometry

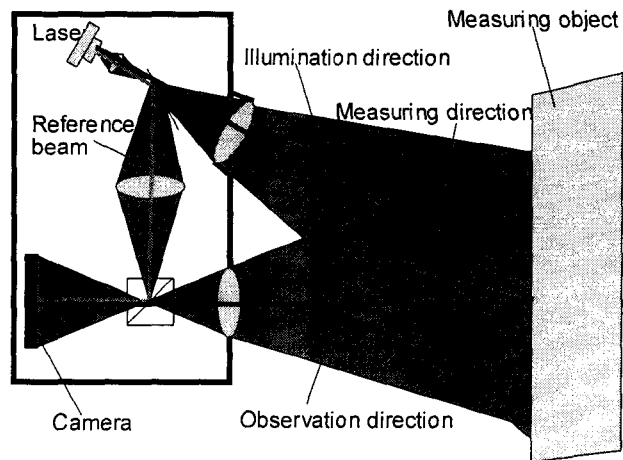


Fig. 2 Out-of-plane displacement interferometry of ESPI

2.2 실험

실험에 사용된 재료는 SGCC이고 두께는 1.2mm로 일반 가전제품, 자동차, 건축분야에 사용하고 있는 재질이며, 재료의 화학적 성분과 기계적 성질은 Table 1과 Table 2와 같고, 용접조건은

Table 3과 같이 나타내었다.

Table 1 Chemical compositions of base metal

(Wt%)					
C	Si	Mn	P	S	S.AL
0.02	0.01	0.16	0.013	0.006	0.043

Table 2 Chemical compositions of base metal

Tensile strength (kgf/mm ²)	Yield strength (kgf/mm ²)	Elongation (%)	Hardness (HR _B)
34.40	24.30	42	52

SGCC판을 100×147 mm로 제작하였으며, 사용된 점 용접기는 Model ASR-75이고 최대 용적률이 50% 75KVA로 용접조건은 Table 3과 같다.

Table 3 Conditions of spot welding

Thickness (mm)	Sqweeze force (kgf)	Welding time (cycle)	Current (A)
1.2	400	10	20,000

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 1에서는 다점 스폿 용접부의 변형정보인 변위를 측정된 이미지 그림이다. 측정 시 시험편 지그로 고정된 상태에서 하중을 상·하에서 부과하여 시험편에 레이저 빛을 조사하고 변위를 측정하였다. Fig. 2는 용접부의 변형정보인 변위 분포도이며, 변형 정도의 차이에 따라 분포도가 다른 양상을 나타내는 현상을 나타낸 것이다.

스폿 피치 간격이 각각 30mm, 40mm, 50mm이고, ESPI 시스템으로 측정된 원시 이미지와 집중된 변형정도를 관찰한 결과 스폿 용접부 상부보다도 아래의 원 스폿부분에 변형이 집중되는 것을 실시간으로 볼 수 있었다. 또한 그림에서 하중 300kgf~1000kgf 로 하중이 증가할수록 아래쪽 스폿 용접부쪽에서 변형이 더욱 심화되었으며, 그 정도가 변형분포도에서 확인하였다. 저하중 300kgf에서 아래쪽에 약간의 변형정도를 볼 수 있었으나 1000kgf에서 커져 최종 파단현상이 발생할 타점부를 미리 짐작할 수 있었다. 스폿 피치간격에 따른 변형정도를 측정된 결과 피치 간격이 커질수록 아래쪽 스폿 용접부에 변위가 매우 크게 관찰 되었다.

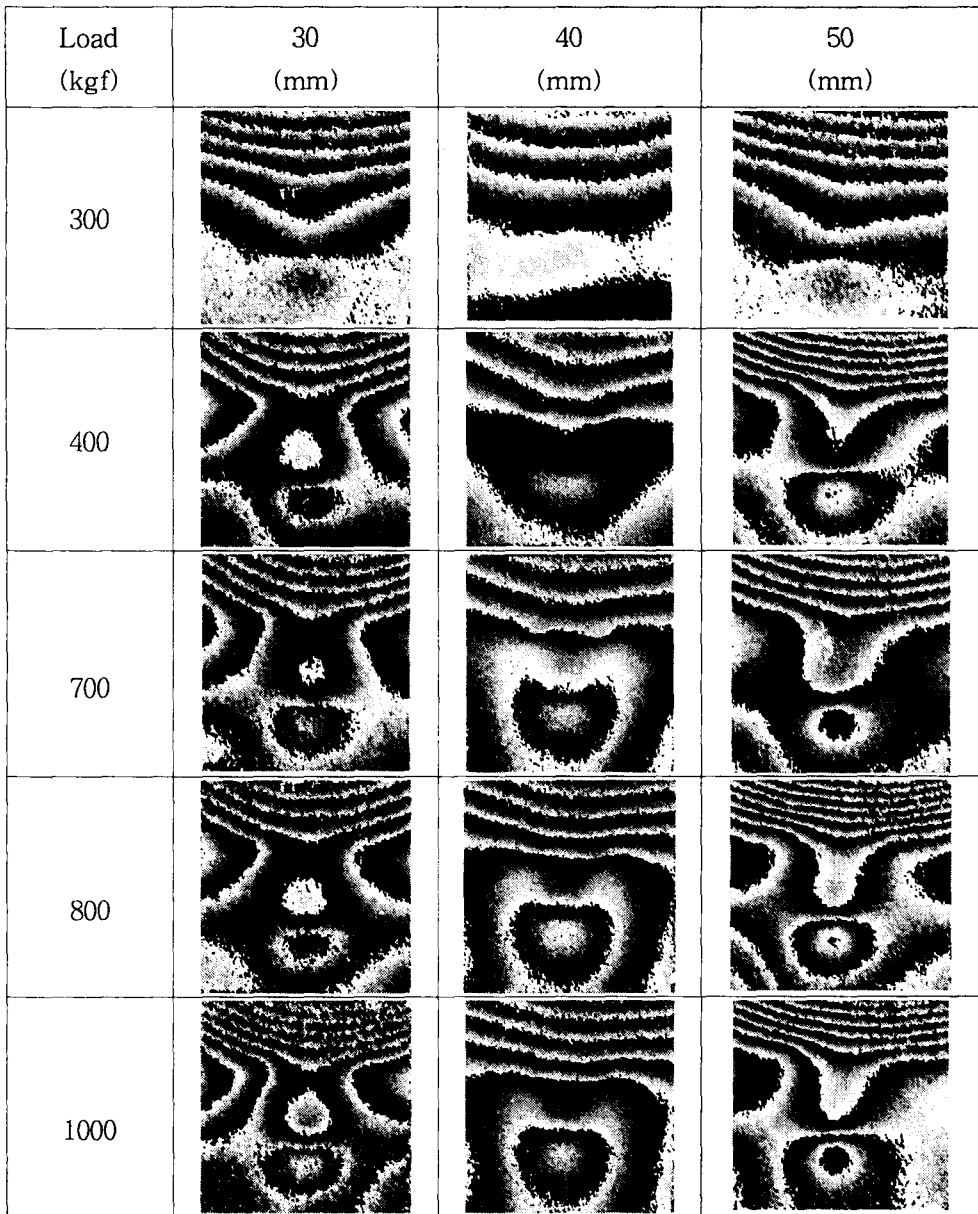


Fig. 1 Fringe pattern of multi-spot welded zone by the ESPI system

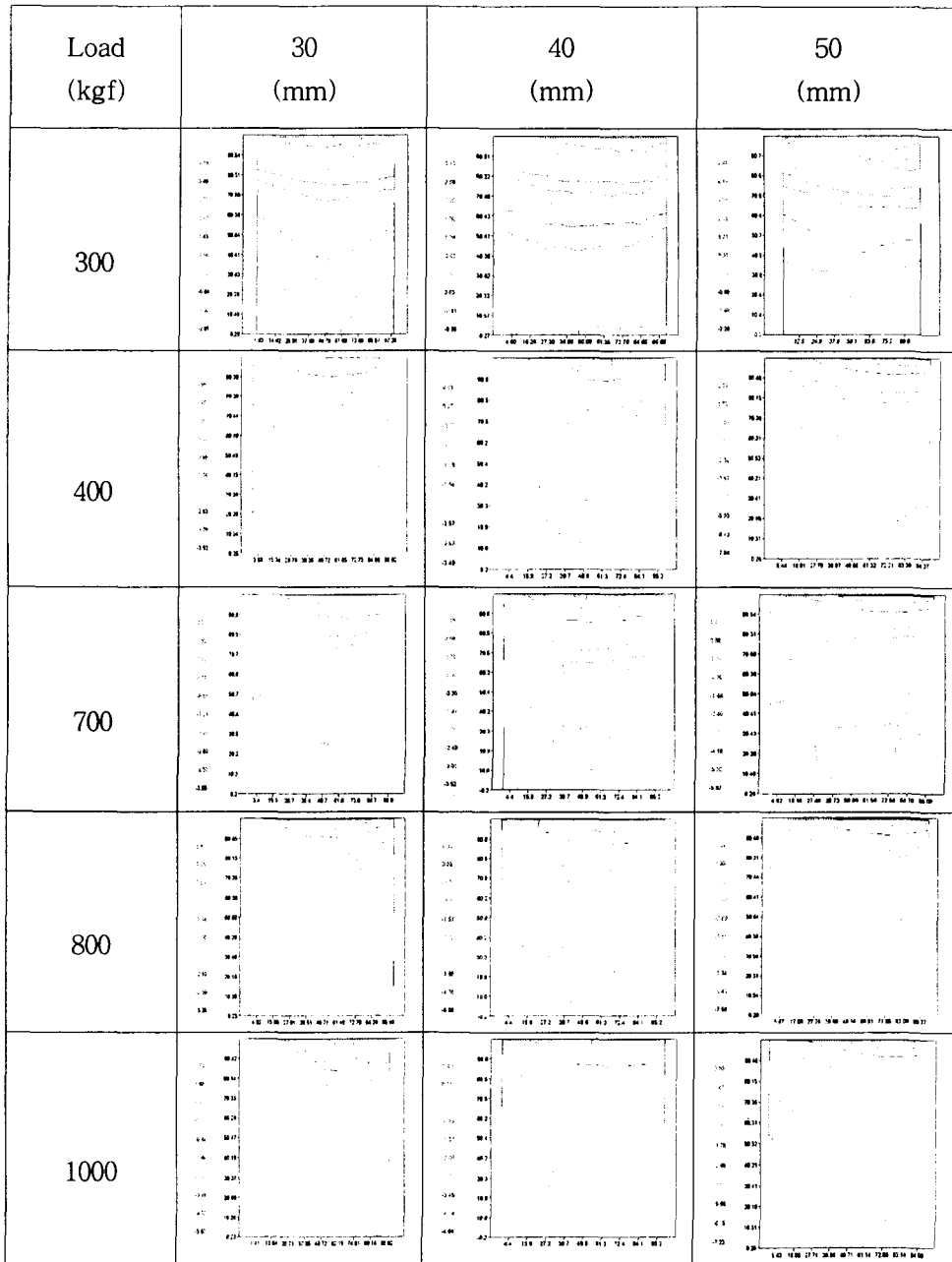


Fig. 2 The displacement distribution of multi-spot welded zone by the ESPI system

4. 결 론

ESPI법에 의한 면외변위 측정 시스템을 구성하여 점 용접부의 변형 집중상태를 측정 한 결과 점 용접부의 변형집중현상을 실 시간적으로 측정할 수 있었다. 또한 하중의 증가에 따른 변형정도의 차이를 뚜렷이 관찰할 수 있다. 따라서 본 연구에서 구성한 시스템을 활용할 경우 스폿 타점이 많고 응력과 변형을 받는 부분을 실 시간적으로 측정함으로써 이를 보완하는데 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Cha, Y. H., Sung, B. S. and Kim, D. J., "A study on the in-plane displacement measurement of spot welded joints by electronic speckle pattern interferometer method", The Korean Society of Machine Tool Engineers, pp. 48-53, 1997.
2. Butter, J. N., Leendertz, J. A., "Holographic and video techniques applied to engineering measurement." Measurement and Control, Vol.4, pp. 349-354, 1971.
3. Brdicko, J. M., Olson, D. and Hazell, C. R., "Theory for surface displacement and strain measurements by laser speckle interferometry." Optica Acta, Vol.25, pp. 963-989, 1979.
4. ButtersJ, N. and LeendertzJ, A., "Holographic and video techniques applied to engineering measurement." Trans. of the Institute of Measurement and Control, Vol.4, pp. 349-354, 1971.
5. Boxiang Lu., Xiangyang Yang, Harald Abendroth and Heiner Eggers.. "Time-average subtraction method in electronic speckle pattern interferometry." Optics Communications Vol.70, pp. 177-180, 1989.