

강성 변화를 고려한 점용접부의 진동피로해석

Vibration Fatigue Analysis of Spot Welded Component considering Change of Stiffness

이동철* · 정헌술* · 강기원†

Dong Cheol Lee, Heon Sul Jeong and Ki Weon Kang

1. 서 론

점용접(spot weld)은 대량의 박판을 효율적으로 접합하여 자동차, 가전제품 등의 생산공장에서 많이 쓰이고 있다. 또한, 다량생산뿐만 아니라 다양한 종류 및 모양의 금속부품을 용접기로 간편하게 용접하는 것이 가능하기 때문에 여러 공장에서 널리 활용하고 있다⁽¹⁾. 일반적인 자동차의 제작을 기준으로 점 용접이 약 3,000~5,000여개가 사용되고, 차체 중량을 높이지 않아 자동차 연비 개선효과가 있다. 그러나 차량 주행시 노면으로부터 불규칙적인 하중 전달 및 진동으로 인하여 점 용접부에 응력집중(stress concentration)이 발생하고 피로파괴(fatigue fracture)가 종종 발생한다. 실제 차량의 차체에 접합된 점 용접부의 피로파괴는 약 70% 이상이 발생하며, 이때문에 소음과 진동이 발생하여 차량의 승차감 및 탑승인원의 안전성에 위험이 존재한다. 이러한 점 용접부의 피로파괴의 문제점을 개선하고 현실적인 수명을 예측하는 연구가 활발히 수행되고 있다. 점 용접부를 대상으로 피로해석을 수행한 연구로는 유효선 등⁽²⁾은 FEM에 의한 일반냉연강판 및 고장력 강판의 점 용접 피로수명해석을 수행하였다. 이는 단일 점 용접 모델을 기반으로 수행하였으며, 자동차와 같은 다수의 점 용접이 구성된 부품에 대해 한계가 있다. 이혁재 등⁽³⁾은 차량 구조물의 공진 주파수(natural frequency)를 고려한 점 용접부의 피로해석(fatigue analysis)을 수행하였다. 점 용접부의 동특성을 고려할 수 있는 주파수 피로해석 기법을 제

안하기 위해 점용접을 포함한 승용차의 서브프레임을 사용하여 시간 및 주파수영역에서 피로해석기법을 비교분석하여 피로수명(fatigue life)을 예측하였다. 그러나 기존 연구는 점용접 차량 부품을 대상으로 시간 및 주파수영역에서 피로해석을 수행하였지만 피로손상에 의하여 부품의 강성이 변화되는 현상을 고려하지 못하였다.

본 논문의 목적은 다수의 점 용접부로 제작된 차량 부품을 대상으로 공진을 고려한 진동피로해석(vibration fatigue analysis)을 수행하여 피로수명을 예측하였다. 또한, 다수의 점 용접부에 대한 기존피로수명평가 방법과 피로손상 누적에 따른 피로수명평가방법을 채택하여 피로수명을 예측하였다.

2. 시험 및 해석방법

2.1 점용접부의 피로시험

본 논문의 재료는 POSCO제 아연도금강판(galvanized steel sheet)으로서 1.3mm와 1.4mm인 강판을 사용하여 KS B 0528⁽⁴⁾의 규격에 따라 Fig. 1과 같이 단일 점용접부 시험편을 제작 하였다.

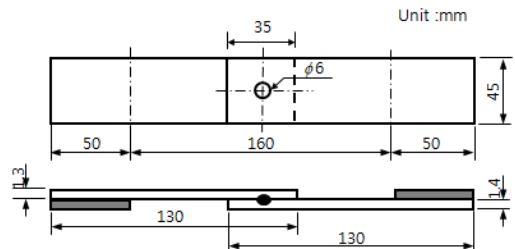


Fig. 1 Spot welding specimen

피로시험은 총 12개의 시험편을 가지고, 응력비 R=0.1, 속도 15Hz의 정현파형태로 일정진폭하중으

† 교신저자; 비회원, 국립 군산대학교
E-mail : kwkang68@kunsan.ac.kr
Tel : 063)469-4711 Fax : 063)469-4727

* 국립 군산대학교

로 수행하였다.

2.2 진동피로해석

MSC/Patran⁽⁵⁾, Nastran⁽⁶⁾ 및 Fatigue⁽⁷⁾를 사용하여 Fig. 2와 같은 6개의 점 용접이 포함된 자동차 부품을 대상으로 Shell요소인 Quad 4 및 Tri 3요소와 점용접부를 구현하는 요소인 CWELD 요소를 사용하였다. 또한, MPC요소를 사용하여 추를 구현하였고, 1g의 관성하중을 부여하였다. 총 20544개의 절점과 20097개의 요소를 사용하였다. 주파수 응답 범위는 5~1000Hz로 설정하였으며 10Hz의 주파수 증분 크기를 설정하였다. 진동피로해석에서 하중선정은 ASTM D 4728-06⁽⁸⁾을 참조하여 3단계 하중이력레벨을 설정하였고, 재료의 피로데이터는 본 재료의 피로시험데이터를 설정하였다.

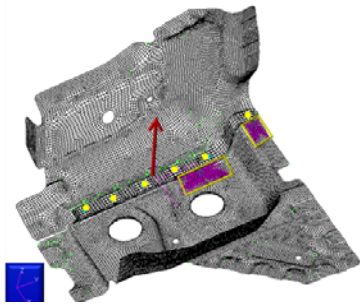


Fig. 2 FE model

3. 결과 및 고찰

2.3 점용접부의 피로시험

점용접부의 피로시험을 통해 하중-수명 선도를 획득하였다. 또한 응력-수명 선도를 획득하기 위해 유한요소법을 이용하여 Fig. 3과 같이 나타내었다.

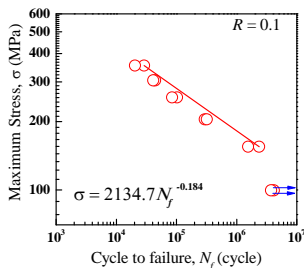


Fig. 3 S-N curves

3.2 진동피로해석

6개의 점용접부가 포함된 자동차 부품을 대상으로 진동피로해석을 수행하여 Table 1에 이의 결과를 제시하였다. 이는 피로손상에 의한 강성변화 및 고유주파수의 변화를 고려한 본 연구의 제안 방법 및 기존의 전통적인 진동피로해석에 의한 결과를 비교하여 나타낸 것이다.

Table 1 Vibration fatigue analysis results

Vibration fatigue analysis results						
PSD NO	Cumulative fatigue damage method			Traditional method		
	0.05	0.08	0.11	0.05	0.08	0.11
2	1.7x10 ⁴	1.2x10 ³	224	1.7x10 ⁴	1.2x10 ³	224
1	2.0x10 ⁴	1.4x10 ³	273	8.9x10 ⁴	5.8x10 ³	295
3	7.9x10 ⁴	5.4x10 ³	965	2.7x10 ⁵	1.6x10 ⁵	2.7x10 ⁵
Total	11x10 ⁴	8.0x10 ³	1462	2.8x10 ⁵	2.2x10 ⁵	2.8x10 ⁵

3. 결론

본 연구는 누적 피로손상 및 이에 따른 강성변화를 고려한 진동피로해석을 수행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 아연도금강판에 대한 피로시험 및 유한요소해석을 수행하여 다음과 같은 피로특성을 획득하였다.

$$\sigma = 2134.7N_f^{-0.184}$$

(2) 점용접부에 누적된 피로손상을 고려하여 진동 피로해석을 수행하고 이의 결과를 기존 진동피로해석에 의한 결과와 비교평가 하였다.

후 기

교육부의 재원으로 한국연구재단(NRF)의 지원을 받아 수행한 일반연구자 지원사업(No.2013028068)의 결과물 및 산업통상자원부의 재원으로 그린 건설기계 종합 기술지원사업(No.10037378)의 수행된 연구결과물임을 밝힙니다.

참고 문헌

- (1) Kim, M. J., 1993, *Resistance welding*, Kimoon sa, pp.129~130
- (2) Yu, H. S., Yang, S. M., Kang, H. Y., Kim, H. K., Kim, K. S., 2008, "Fatigue Life Analysis of Spot Weldment of Cold Rolled and High Strength Steel Using FEM," Transactions of the KSMTE, Vol. 17, No. 5, pp58~63
- (3) Lee, H. J., Lim, H. J., Kim, H. S., Lee, S. B., 2003, "Fatigue Analysis for Spot Welding of Vehicle Structure Considering Resonance Frequency," Transactions of the KSAE, No. 2, pp.1459-1464
- (4) KS B 0528, 2001, "Method of Fatigue Testing for Spot Welded Joint," Korean Standard
- (5) MSC. Software, 2006, MSC.Patran Users guide, Ver2012.
- (6) MSC. Software, 2004, MSC. Nastran Users guide, Ver 2012.
- (7) MSC. Software, 2004, MSC. Fatigue. Quick Start Guide, Ver 2012.
- (8) ASTM D 4728-06, 2006, Random vibration testing of shipping container.