

혼합모드(I + II)에서 피로균열진전에 미치는 하중 주파수의 영향 Effect of Frequency on Fatigue Crack Growth in Mixed Mode(I + II) 공병재¹, #최성대²

*B. C. Gong¹, #S. D. Choi(sdchoi@kumoh.ac.kr)²

¹ 금오공과대학교 대학원 지능기계공학과, ² 금오공과대학교 기계공학부

Key words : 2 Axles Fatigue, Single mode, Choi Jig, Strees Ratio, Mixed Mode, Fatigue Crack Growth

1. 서론

혼합모드 하중의 전단하중성분에 의한 영향이 전과과정보다 균열발생단계에서 더 크게 작용하는 것으로 볼 수 있다. 반복하중에 기인하는 재료의 피로 파괴거동에 대한 해석적, 실험적 연구는 균열의 전파에 지배적인 영향을 미치는 인장응력상태인 Mode I 하중 상태에 대하여 주로 한정되어 왔다. 따라서 본 연구에서는 혼합모드 하중을 받는 피로균열진전에 미치는 하중 주파수가 어떠한 영향을 미치는 것인지를 알아보고 응력비에 의한 균열진전 메커니즘을 고찰하였다.

2. 시험편 및 실험방법

2.1 시험편

실험에 사용한 A5016은 자동차의 프레임과 차체와 차륜의 상하방향 지지와 강성을 유지하는 현가장치의 상, 하 암, 프레스 가공성과 용접성이 우수하여 프레임을 구성하는 여러 멤버류의 제작 및 결합에 사용된다.

수정 CTS 시험편의 혼합모드 하중에 대한 응력 확대계수 K_I 과 K_{II} 는 Richard가 제안한 식과 혼합모드 피로균열에 대한 전파속도의 평가에는 K_I 과 K_{II} 를 조합한 유효응력확대계수(K_{I+II})를 도입하며, ΔK_{I+II} 식(2)와 같이 Tanaka가 제안한 식을 이용하여 산출한다.⁽³⁾

시험 Jig는 Fig. 1 에 Choi Jig를 사용하였으며 시험편은 CTS시험편을 사용하였다.⁽¹⁾⁽²⁾ Table 1 조건으로 Mode I 과 Mode II에 응력비를 동일하게 주고 혼합모드에서 응력비 변화에 따른 피로균열에 미치는 하중 주파수의 영향이 어떻게 되는지 알아보기 위함이다.

Table 1 Conditions of fatigue test by stress ratio

Stress Ratio	0.05	0.1	0.2	0.3	0.5
P_{max} (N)	123	130	146.2	167.1	234
P_{min} (N)	6.2	13	29.2	50.1	175.5

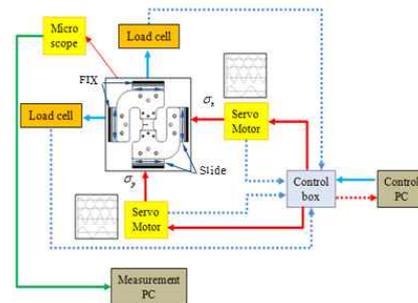


Fig. 1 Schematic diagram of Mixed mode fatigue test system

2.2 실험방법

본 연구에서는 3mm 두께의 소재 시험편을 가지고 2축 혼합모드 피로시험을 실시하였다. 예비 균열은 a/W 가 1이 되도록 주고, 피로 균열 측정은 형상 현미경을 이용하여 배율은 x200의 배율로 촬영하였고. 평균 0.2mm 단위로 19mm까지 측정하였다. 여기서 a는 초기 균열(노치+예비균열)과 피로 균열을 합친 길이이고, W는 시험편의 폭이다. 시험시 반복수는 Mode I은 1Hz Mode II는 10Hz과형에 정형파를 사용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 피로균열진전 경로

각 응력비를 달리하고 Hz와 Pmax값을 달리하

여 실험하여 혼합모드에서의 피로균열진전 양상을 Fig. 2 에 나타내고 Fig. 3 에는 모식도로 변화를 나타내었다.

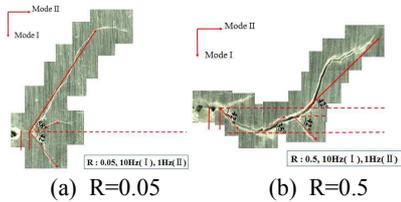


Fig. 2 A result of mixed mode fatigue test

두께3mm 시험편으로 예비균열 a/w 1mm 를 주어 0.2mm 진행시마다 예비균열 평면과 이루는 각도를 관찰 하였다. R0.05는 Precrack이 끝난 후 부터 58° 균열진전 보였다. R0.5는 역방향으로 42° 로 진행하면서 42° 상 방향으로 진행을 보였다.

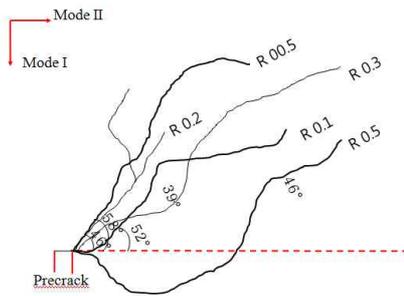


Fig. 3 Results of mixed mode fatigue

3.2 혼합모드의 피로균열진전속도

피로균열길이속도 (da/dN)와 K_{max} , ΔK 를 나타낸 것이다. 피로균열진전속도는 일정진폭의 Mode I, Mode II, 혼합모드(I+II)하중하에서의 시컨트법으로 나타낸 것이다. Fig. 4 은 Mode I에서의 균열진전속도를 나타내었으며, Fig. 5 는 Mode II에서의 균열진전속도를 나타내었다.

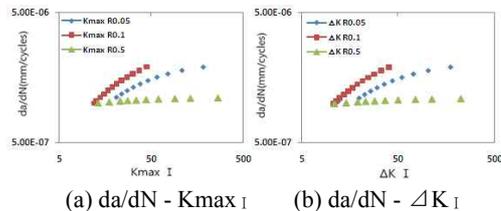


Fig. 4 Relationship between da/dN and K_I

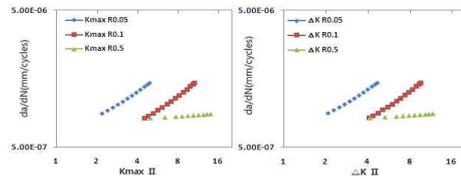


Fig. 5 Relationship between da/dN and K_{II}

4. 결론

본 연구에서는 CTS(Compact Tension Shear) 시험편과 2축 피로 시험기를 이용하여 혼합 모드 (Mode I+II)에서의 응력비 변화에 따른 피로균열 진전에 미치는 하중주파수의 실험을 통하여 아래와 같은 결론을 얻었다.

(1) 응력비 진폭이 같더라도 평균응력(σ_m)이 달라지면 피로균열 진전속도는 달라진다.

(2) 주응력의 선도는 수직방향의 각도를 가지고 수평 수직을 같게 할 경우 45° 진행 경향을 가지며 수평을 낮게 하면 각도는 작아진다. 각도가 작아지는 것은 수평영향을 받는다고 예상하며 응력의 방향은 수직방향으로 움직인다.

참고문헌

1. Byeong-Chae Gong and Seong-Dae Choi, 2009, "Effect of Stress Ratio on Fatigue Crack Growth in Mixed Mode(I+II)" The Korea Society of Mechanics Engineer, 2009.12, pp. 90 ~ 96
2. Seong-Dae Choi and Choi Myoung-Su, 2008, "Study on Behavior of Fatigue Crack and Materialization of Mixed Mode Under 2 Axles Fatigue Load" The Korea Society of Mechanics Engineer, 2008.6, pp. 71 ~ 80
3. Richard, H. A. and Benitz, K., 1983, "A Loading Device for the Criterion of Mixed Mode in Fracture Mechanics," International Journal of Fracture, Vol. 22, pp. R55-R58