

## 혼합모드 I+II 피로 하한계 영역에서의 모드 II 영향에 관한 고찰

홍석표\*(고려대원), 송삼홍(고려대), 이정무(고려대 공학기술연구소)

주제어 : 혼합모드 하중(Mixed-mode Loading), 혼합모드 피로 하한계(Mixed-mode I+II Fatigue Threshold), 하중 절감법>Loading Shedding Technique), 하중 증가법>Loading Increasing Technique)

실제 사용중인 기계나 기계구조물은 다양한 환경 및 복잡한 설계조건으로 인하여 변동하중과 다축에서 작용하는 혼합모드 하중 상태에 놓이는 경우가 대부분이다. 하지만, 순수 모드 I 하중상태 하에서의 연구는 활발히 이루어졌으나, 실제 구조물에서 대부분 발생하는 혼합모드 하중상태 하에서의 연구는 아직 부족한 실정이다. 또한 기계구조물내의 많은 성분요소에 존재하는 작용 하중 방향에 수직적이지 않게 되며, 초기균열의 균열선상에서 성장하지 않는다. 그러므로 혼합모드 조건 하에서의 피로 거동에 관한 연구가 매우 중요하다. 혼합모드 I+II 하중 하에서 균열이 발생, 전파하면 전파단계에서는 거의 모드 I의 영향이 지배적인 것으로 보고되어왔으며, 또한 일반적인 실험에 의해 모드 II 하중의 영향에 대한 고찰은 어려운 편이다. 따라서 본 연구에서는 피로 하한계 영역에서는 일반적으로 혼합모드 하중상태의 발생이 용이하므로 균열 발생 단계에 대한 고찰을 통해서 모드 II 하중의 영향을 파악할 수 있도록 혼합모드 I+II 하중 하에서 균열 발생 단계인 피로 하한계 영역수준에서 실험을 수행하였다. 본 실험에서는 혼합모드 하중을 작용시키기 위하여 수정 단순 인장전단(Modified Compact Tension Shear:CTS) 시험편과 하중장치를 사용하였고, 하중 작용모드는 하중장치의 하중작용각도( $\theta$ )를 조절하여 변화시켰다. (모드 I:  $0^\circ$ , 혼합모드 I+II:  $30^\circ, 60^\circ$ ) 실험조건은 (i)모드 I 하한계의 경우 응력비 R을 고정하고, 일정하중 하에서 균열이 0.2mm 진전할 때 마다 하중 절감 시험법을 사용하여 하중을 보정하였고, (ii)혼합모드 I+II 하한계의 경우  $\Delta K_{II}/\Delta K_I$ 의 비와 응력비 R을 고정하고, 일정하중 하에서  $2 \times 10^5$  cycle까지 적용한 후 균열전파를 확인 할 수 없을 때 하중 증감 시험법을 사용하여 하중을 증가시키고 다시 같은 방법으로 실험을 수행하였다. 혼합모드 하중 하에서 피로 균열 전파 성장 방향은 일반적으로 균열선단 응력장에서 최대 수직 응력에 대해 수직이다. 하지만, 하한계 값은 모드 I 변위에 의해서 뿐만 아니라 모드 II 변위에 의해서도 지배적이며, 혼합모드 하중 하에서 모드 II 성분은 하한계 영역의 피로 균열성장애 중요한 역할을 한다. 첫째로, 균열선단의 소성역 크기를 증가시키고, 따라서 피로 균열성장을 촉진시킨다. 둘째로, 전단모드 성장이 발생했을 때 피로 균열면의 접촉과 마찰을 증가시켜서 균열 억제와 피로 파손을 지연시키는 것으로 나타났다. 이상의 결과는 추후 혼합모드 일정 진폭 하중 하에서의 피로균열 전파거동 해석에 기초 연구자료가 될 것으로 판단된다.

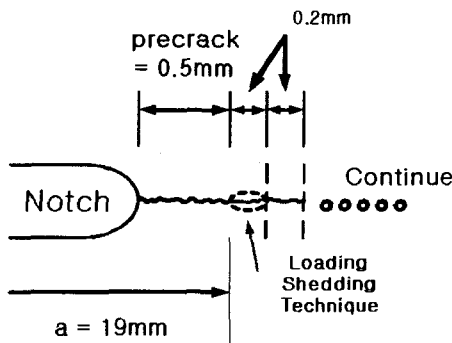


Fig. 1 Test method and loading shedding technique

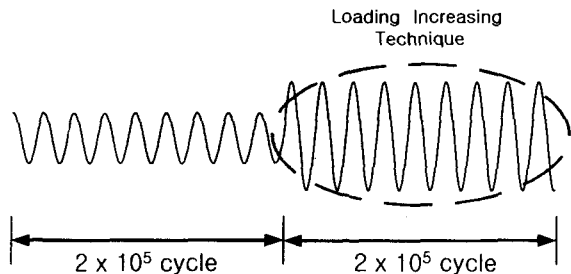


Fig. 2 Test method and loading increasing technique