

혼합모드 단일과대하중이 균열의 형상 변화와 피로거동에 미치는 영향

이정무*(고려대 공학기술연구소), 송삼홍(고려대)

주제어 : 변동하중, 혼합모드 하중, 단일과대하중, 균열선단 열림변위, 잔류영구변형, 소성역, 균열지연, 피로수명

사용 중인 기계요소나 구조물의 변동하중 하에서의 피로수명에 대한 연구는 폭넓게 이루어져 왔으며, 이는 대부분 모드 I 하중상태에 대한 것들이었다. 그러나 실제 요소에서는 다양하게 결합된 하중상태와 요구되는 설계조건들을 고려하여야 하며 일정진폭하중, 변동하중 및 이들의 조합에 따른 조건들에 대하여 혼합모드 하중상태에 대한 연구가 필요하다고 생각된다. 따라서, 본 연구에서는 예비균열선단에 작용하는 혼합모드 단일과대하중과 이후 일정진폭의 피로하중 하에서 전파하는 피로균열의 거동에 관하여 고찰하였다. 혼합모드 과대하중의 작용에 의하여 형성된 잔류영구변형의 형상과 크기, SEM 촬영에 의한 예비균열의 변형 양상과 같이 변형에 미친 영향을 고찰하였고, 산출된 소성역의 형상과 크기를 변형양상 및 피로균열의 전파거동과 연관시켜 그 특성을 고찰하였다. 본 실험에서는 혼합모드의 단일과대하중을 작용시키기 위하여 단순 인장전단시험편과 하중장치를 이용하였다. 과대하중비는 일정진폭 하중에 대하여 100%의 크기로 고정하였고, 과대하중의 작용모드는 하중장치의 하중작용각도(θ)를 조절하여 변화시켰다.(모드 I : $\theta=0^\circ$, 혼합모드 I+II : $\theta=30^\circ, 60^\circ$) 실험조건은 (i) 혼합모드 I+II 단일과대하중 작용 후 모드 I 일정진폭 피로하중 실험, (ii) 모드 I 단일과대하중 작용 후 혼합모드 I+II 일정진폭 피로하중 실험으로 구성되었다. 혼합모드 단일과대하중의 작용에 의하여 예비균열은 작용모드에 따라 균열면의 변위와 균열선단에서의 변형양상에 차이를 나타내었으며, 이로부터 비대칭 형상의 잔류영구변형에도 차이를 보였다. 전단성분의 증가에 따라 전단변형에 의한 균열면의 마찰이 확인되었고, 예비균열의 경로에 따른 균열가지 현상이 관찰되었다. 과대하중 이후 균열의 피로거동에는 인장과대하중 성분이 클수록 균열지연 효과는 크게 나타났으며, 전단과대하중 성분이 증가할수록 지연효과는 점차 감소하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 작용모드의 변화에 따라 지연거동에 대한 설명인자 중 균열선단의 둔화정도와 균열선단의 압축잔류응력이 작용하는 영역에 차이가 있기 때문으로 과대하중 작용 후 피로하중의 모드와도 관계한다. 따라서 피로균열의 거동은 단일과대하중과 일정진폭 피로하중의 작용모드 조합에 따른 고려가 필요함을 확인할 수 있었다.

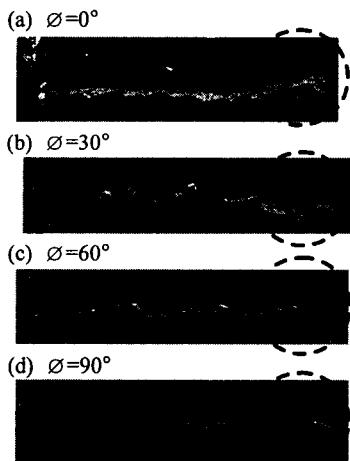
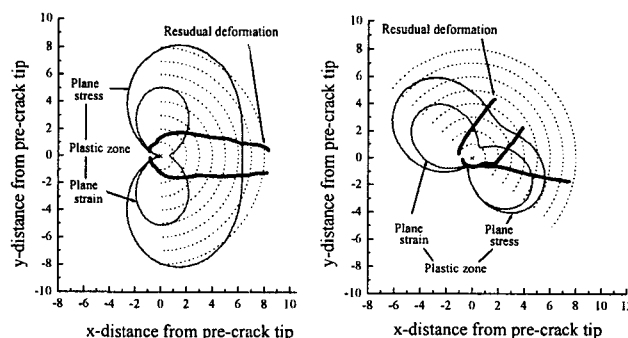


Fig. 1 The aspect of deformation type at pre-crack tip by the various mode of single overload



(a) Mode I ($\theta=0^\circ$) (b) Mixed-mode I+II ($\theta=60^\circ$)

Fig. 2 The residual deformations and plastic zones induced by the mode change of single overload