

복합형상 misalignment 에 의한 폴리에틸렌 환형노치시험 편 피로특성변화

Investigation of fatigue crack behaviors of pipe grade polyethylene using circular notched bar specimen with combined misalignment

*이지미¹, #최병호¹, 조용건¹

*J. M. Lee¹, #B. -H. Choi(bhchoi@korea.ac.kr)¹, Y. J. Zhao¹

¹고려대학교 기계공학과

Key words : Circular notched bar, Misalignment, Fatigue lifetime, Finite element analysis, Crack growth

1. 서론

플라스틱 pipe 는 내 충격성, 유연성, 내화학적 등의 특성으로 인하여 수요가 증가함에 따라 플라스틱 pipe 의 성능평가에도 관심이 집중되고 있다. ASTM 과 ISO 는 PE 와 같은 재료로 만들어진 pipe 의 저속균열성장의 저항성에 대한 몇몇 표준시험법[1,2]을 제시하였다. 그러나 PE 재료들이 점점 개량되고 고성능화 되어 저속균열성장의 저항성 평가를 위하여 새로운 시험방법이 지속적으로 요구되고 있다. 최근 균열선단에 3 축응력상태를 발생시킴으로써 가속실험을 가능하게 할 수 있는 CNB(Circular Notched Bar) 시편을 사용하여 보다 엄밀한 PE 의 균열발생거동을 정량적으로 평가할 수 있는 방법이 개발[3,4]되었다. 그러나 CNB 시편의 장점에도 불구하고 노치감도(brittleness), 재료의 비등방성, 초기노치형상, misalignment 와 같은 이유로 균열의 진전양상이 비대칭적으로 발생한다. Misalignment 에는 concentric misalignment 및 angular misalignment 두 가지가 함께 일어나는 combined misalignment 형태가 있다. 선행연구[5]에서는 concentric 경우와 angular misalignment 경우의 두 가지 형태의 misalignment 대하여 유한요소해석을 이용하여 고찰하였다. 초기 misalignment 와 파단수명과의 관계를 볼 때 그 영향이 다소 적었지만 misalignment 가 점점 커질수록 최종수명과 더불어 균열진전양상에도 변화가 관찰되었다.

본 연구에서는 concentric misalignment 와

angular misalignment 가 복합적으로 일어나는 combined misalignments 가 발생한 경우에 대하여 유한요소해석(FEA)을 수행하였다. 이를 통하여 misalignment 가 파단수명에 미치는 영향과 misalignment 의 변화에 따라 최종수명과 균열의 진전양상에 미치는 영향에 대하여 검토하였다.

2. 제목

본 연구에는 상용 유한요소해석 프로그램인 Abaqus 6.9 가 사용되었고, element type 은 C3D20(20 node quadratic brick), 각각의 시편에 대한 elements 의 수는 33054, node 의 수는 136575 이다. 해석조건은 Table 1 에 표기된 각각의 concentric 과 angular 의 경우가 함께 일어나는 조건하에서 실시되었으며, 모든 시편의 반지름은 5mm 이다. 또한 응력확대계수(SIF)는 실험으로 얻어진 75MPa·mm² 값이 사용되었고, 균열선단의 응력확대계수가 한계 SIF 를 넘는 순간, 시편은 파단 되는 것으로 판단하였다.

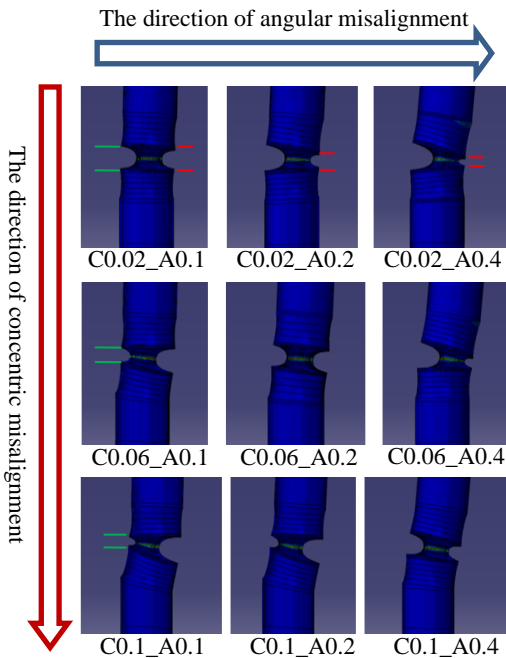
Table 1 Concentric and angular conductions for FEA

	concentric	angular
misalignment	0, 0.02, 0.06, 0.1	0, 0.1, 0.2, 0.4

3. 해석결과

Fig. 1 은 concentric misalignment 와 angular misalignment 가 함께 일어날 경우의

CNB 시편을 유한요소해석으로 나타낸 그림이다. 그림에서 보면 알 수 있듯이 angular misalignment 가 일정한 경우 concentric misalignment 가 증가할수록 crack growth rate 는 시편 중앙부의 오른쪽에서 더 빨리 진행된다. 이와 반대로, concentric misalignment 가 일정하고 angular misalignment 가 증가할 경우의 crack growth rate 는 왼쪽에서 더 빨리 진행되는 것을 관찰할 수 있다.



C:concentric misalignment / A:angular misalignment
 Fig. 1 Deformation of CNB specimen under various combined misalignment conditions

Combined misalignment 의 변화에 따른 misalignment 가 없는 경우의 수명(N_{f0})로 정규화된 시편의 파단수명(N_f) 은 Fig. 2 에 나타내었다. Angular misalignment 가 0 과 0.1 일 때에는 concentric misalignment 의 값이 증가함에 따라 파단수명의 값이 급격하게 저하되는 현상을 볼 수 있다. 그러나 angular misalignment 가 0.2 와 0.4 일 경우에는 오히려 적은 concentric misalignment 의 경우 수명이 증가하다가 concentric misalignment 가 커질수록 수명이 감소하는 것을 관찰할 수 있다. 이는

Fig. 1 에서 관찰한 균열열림현상에서도 같은 현상을 알 수 있다. Concentric misalignment 의 값이 작을 때 angular misalignment 가 균열직전에 더 많은 영향을 끼치며 이와 반대로, concentric misalignment 의 값이 클 때 crack growth 는 angular misalignment 보다 concentric misalignment 에 더 많은 영향을 받는 것을 알 수 있다.

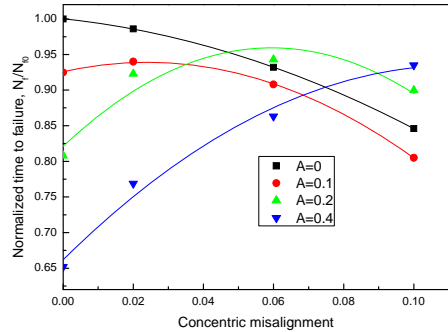


Fig. 2 Variation of the normalized fatigue lifetime to failure for misaligned CNB specimens

4. 결론

본 논문에서는 CNB 시편을 사용하여 concentric 와 angular misalignment 가 복합적으로 작용할 때 대하여 FEA 를 이용하여 다음과 같은 결과를 얻었다. Concentric misalignment 가 작을 때 critical SIF 에 도달할 때까지의 시간은 점점 짧아진다. 또한 Combined misalignment 는 crack growth 뿐만 아니라 파단수명에도 영향을 미치므로 CNB 시편에 어떠한 misalignment 가 의심이 된다면 시편의 표면에 비대칭 균열양상이 있는지 반드시 확인해봐야 한다. 하지만 misalignment 이외에도 비등방성, 노치감도, 초기노치형상 역시 시편의 파단수명 및 비대칭적 균열직전에 영향을 미치는 주요요인이므로 반드시 고려되어야 한다. 그러므로 더 좋은 결과를 얻기 위해 CNB 시편을 장착할 때 예상치 못한 misalignment 가 발생하지 않도록 주위를 기울여야 한다.

참고문헌

<참고문헌 생략>