

변형률 기반 설계를 고려한 API-X80 강관의 압축 변형률 저항 성능 평가

Evaluation of compressive strain capacity for API-X80 steel pipe considering strain-based design

이 승 정* 윤 영 철** 조 우 연*** 지 광 습****
Lee, Seung Jung Yoon, Young Cheol Cho, Woo Yeon Zi, Goangseup

Abstract

In this paper, stress-based design compared to strain-based design in terms of margin of safety. We simulated the tensile uniaxial test of API-X80 steel and calibrated GTN model parameters. Using GTN model parameters, we evaluated compressive strain capacity for API-X80 steel pipe by local plastic buckling considering strain-based design.

1. 서 론

최근 캐나다와 노르웨이와 같은 지역에서는 극지방과 심해저에서 에너지를 채취해서 운반할 수 있는 대규모의 파이프라인 건설프로젝트가 수행되고 있다. 이러한 장거리 건설에 사용되는 파이프는 현재 강제 설계의 범위인 변형률 0.2%보다 큰 범위의 변형률을 겪게 된다. 이러한 경우 설계시 기존에 사용되던 응력 기반 설계법보다 변형률 기반 설계법이 더 적합하다. 본 연구에서는 기존의 응력 기반 설계법과 변형률 기반 설계법을 비교하고 변형률 기반 설계의 측면에서 API-X80 강관의 압축 변형률 저항 성능을 평가하였다.

2. 본 문

2.1 변형률 기반 설계법

기존의 강관 파이프의 설계는 응력 기반 설계법을 이용해 수행되었다. 응력 기반 설계법의 경우 파이프의 길이방향과 원주방향의 응력을 강제 항복응력의 일정비율로 제한하는 방법으로 설계하였다. 기존 강재의 경우 응력축의 안전 여유치와 변형률축의 안전 여유치의 크기가 유사하기 때문에 응력 기반 설계법이 주로 사용되었으나 고강도 강재의 경우 변형률축의 안전 여유치가 증가하면서 기존의 응력 기반 설계법을 사용하였을 경우 보수적인 설계가 된다. 반면에 변형률 기반 설계법을

* 고려대학교 석박사통합과정, 학생회원

** 명지전문대학 조교수

*** 포항산업과학연구원 책임연구원

**** 고려대학교 부교수, 정회원

사용하였을 경우 연성 확보 능력이 강화되어 부분적인 소성변형의 고려가 가능하며 고강도 강재가 가지는 고연성의 장점을 충분히 활용할 수 있게 된다.

변형률 기반 설계법은 일종의 한계상태 설계법으로 볼 수 있기 때문에 인장 및 압축 변형률 저항 성능을 결정하여 한계 값으로 설정하여 설계에 사용한다. 본 연구에서는 국부소성 좌굴의 인장 및 거동을 통해 압축 변형률 저항 성능 평가를 수행하였다.

2.2 압축 변형률 저항 성능 평가

본 연구에서는 금속재료의 변형 경화와 연화를 적절히 모사할 수 있는 소성손상모델 중 Gurson-Tvergaard-Needleman(GTN) 모델을 사용하여 압축 변형률 저항 성능을 평가하였다. 먼저 2007년에 포항산업과학연구원에서 API-X80 강을 대상으로 실시한 인장실험과 비선형 유한요소해석과의 반복적인 비교를 통해 GTN 모델에서 사용되는 재료모델상수를 도출하였다. 비선형 유한요소해석은 상용프로그램인 ABAQUS를 사용하여 수행되었다. 도출된 재료모델상수를 이용해 휨 좌굴 해석을 수행하여 국부소성 좌굴 거동을 확인하여 압축 변형률 저항 성능 평가를 수행하였다. 파이프의 초기결함에 따른 국부소성 좌굴 거동의 형태를 Fig 1.에서 확인할 수 있다.

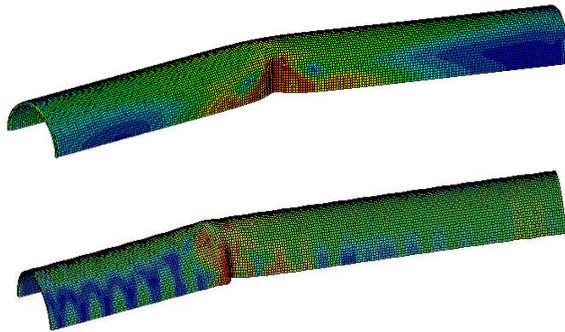


Fig 1. 국부소성 좌굴 거동

3. 결 론

본 연구에서는 고강도 강재의 장점의 활용측면에서 기존의 응력 기반 설계법을 보완할 수 있는 변형률 기반 설계법이 필요하기 때문에 GTN 모델을 사용하여 비선형 유한요소해석을 통해 재료모델상수를 도출하였고 국부소성 좌굴 거동을 확인하여 압축 변형률 저항 성능에 대한 평가를 수행하였다.

감사의 글

본 연구는 2009년도 포항산업과학연구원 라인파이프 비선형 해석 및 인장변형률 성능 분석 시스템 구축 사업의 지원으로 이루어진 것으로, 본 연구를 가능하게 한 포항산업과학연구원의 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. 이승정, 윤영철, 조우연, 유성문, 지광습, “API-X80 강재 라인파이프의 대변형 비선형 해석,” 한국전산구조공학회논문집, 제22권 4호, 2009, pp.363-370
2. Tvergaard, V, Needleman, A, “Analysis of the cup-cone fracture in a round tensile bar,” Acta Metallurgica, Vol. 32, No. 1, pp.157-169