

## 확장유한요소기반 파이프라인의 인장변형 성능 평가법 개발

### Development of Evaluation Method of Tensile Strain Capacity for Pipeline Based on Extended Finite Element Method

이승정\* · 차재윤\*\* · 김우식\*\*\* · 김영표\*\*\*\* · 지광습\*\*\*\*\*

Lee, Seung-Jung · Cha, Jae Yoon · Kim, Woo Sik · Kim, Young Pyo · Zi, Goangseup

#### 1. 서 론

최근의 유가 상승 현상에 따라 해저 유전 개발 등이 매우 활발하게 진행되고 있다. 이러한 고유가현상이 지속될 경우 육상 개발에 비해 해저 개발도 충분히 경제성을 확보할 수 있으며 그 수요 또한 큰 폭으로 증가될 것으로 예측된다. 해저 유전 개발이 본격화되면 유전을 시추하고 채굴된 에너지를 소비지역까지 이동시키는데 효율적인 파이프라인의 설치가 필요하게 된다. 국내에서도 포스코가 해양용 강재를 개발하여 실제 구조물을 제작하고 성능실험 등을 거치고 있다.

해저 또는 극지방과 같은 특수한 에너지 수송환경은 해저지진 등의 대규모의 지반 변형이 발생하기에 충분한 조건을 가지고 있다. 따라서 해저 또는 극지방에 설치되는 고온, 고압의 에너지를 수송하는 파이프라인의 경우 그 변형성능의 확보가 필수적이다. 파이프라인의 변형성능의 경우 크게 인장과 압축으로 나눌 수 있으며, 각각의 변형성능에 대한 평가 및 설계법이 연구 및 적용되고 있다. 파이프라인의 인장변형 성능의 경우 균열형태의 결함을 포함하는 파이프의 인장변형 성능으로 대체되는데 그 평가법이 완벽히 확립되지 못한 실정이다. 따라서 본 연구는 인장변형성능을 평가할 수 있는 평가법을 개발하는데 그 목적이 있다.

#### 2. 파이프라인 설계 및 성능평가 특성

기존에 국내 건설된 파이프라인은 작용하중에 대해 파이프 구조가 안전하게 저항하도록 설계되어 있다. 설계 시 외부의 작용은 크게 하중제어 방식과 변위로 구분할 수 있다. 전통적인 파이프라인의 설계 기법에서는 외부의 작용을 모두 하중으로 치환하여 최대 하중 작용점 도달 전까지 재료의 거동을 설계에 반영하였다. 반면에 외부의 작용이 변위제어인 경우에는 구조물의 저항성능이 파단 시점까지로 확장되어 사용될 수 있다. 그러므로 외부의 작용이 변위제어인 경우 작용하중이 최대하중을 초과하지 않도록 제한하는 하중제어 기법으로 설계하는 것은 실제 활용 가능한 저항경로를 설계에 반영하지 않는 비경제적인 설계가 될 수 있다. 따라서 국외 파이프라인 설계기준 중 유럽의 노르웨이 설계기준(DNV, 2012), 북미의 캐나다 설계기준(CSA, 2011)에서는 외부의 작용에 대해 변위제어 방식과 하중제어 방식을 구분하여 설계기준 내에서 허용하도록 하고 있다. 이러한 설계법을 변형률기반 설계법이라고 하며, 인장과 압축변형 모두에 적용하는 추세에 있다.

이러한 변형률기반의 인장변형 성능은 균열 등의 국부 손상이 변형성능에 미치는 영향을 거시적인 관점에서 정의한 측정치를 의미한다. 이러한 인장변형성능의 대표지표는 균열개구변위(CTOD: crack tip opening displacement), 균열개구각 (CTOA: crack tip opening angle), 응력확대계수 (stress intensity factor), J-적분 (J-integral) 등의 파괴인성치 또는 파괴에너지가 주로 사용되고 있다.

\* 정회원 · 고려대학교 건축사회환경공학과 · 박사과정 · E-mail: [fincher7vn@korea.ac.kr](mailto:fincher7vn@korea.ac.kr) - 발표자

\*\* 정회원 · 고려대학교 건축사회환경공학과 · 석사과정 · E-mail : [jaeyoon@korea.ac.kr](mailto:jaeyoon@korea.ac.kr)

\*\*\* 정회원 · 한국가스공사 연구개발원 · 공학박사 · E-mail: [wskim@kogas.or.kr](mailto:wskim@kogas.or.kr)

\*\*\*\* 정회원 · 한국가스공사 연구개발원 · 공학박사 · E-mail: [yphkim@kogas.or.kr](mailto:yphkim@kogas.or.kr)

\*\*\*\*\* 정회원 · 고려대학교 건축사회환경공학과 · 교수 · 공학박사 · E-mail: [g-zi@korea.ac.kr](mailto:g-zi@korea.ac.kr)