

# 유한요소법을 활용한 매설배관 유도초음파 모델링

이동진, 강준승  
 한국수력원자력 중앙연구원  
 djlee2014@khnp.co.kr

## Guided Wave Modeling of Buried Piping using Finite Element Method

Dongjin Lee, Jun Seung Kang  
 Korea Hydro & Nuclear Power Co.,LTD.

### 요약

국내 원자력발전소는 매설배관 경년열화관리 시스템 구축을 위해 다양한 검사기법을 도입하여 신뢰성을 검증하고 있다. 그 중에서 유도초음파검사는 길고 큰 구조물을 빠르게 검사할 수 있다는 장점으로 인해 다양한 산업분야에서 사용되고 있다. 하지만 원자력 분야에서는 적용 시기가 짧으며 지상배관보다 검사 난이도가 높은 매설배관에 적용함에 따라 진입 장벽이 높은 실정이다. 특히 유도초음파는 검사대상, 주파수에 따라 다양한 모드가 존재하며, 모드 분산성으로 인해 주파수-시간 영역의 파형에서 결함 등의 신호를 식별하는 것이 매우 어렵다. 본 연구에서는 매설배관에서 발생 가능한 결함 및 유도초음파를 상용 수치해석 소프트웨어로 모델링하여 신호 변화를 평가하고 향후 실제 취득 신호와의 비교를 통해 검사 신뢰성을 확보하고자 한다.

### 1. 서론

국내 원자력발전소 2차측 매설배관 검사를 위해서는 굴착이 필수적이거나 매설배관 주변의 간섭되는 구조물 등으로 인해 접근에 제한이 있다. 국내 원전은 매설배관의 신뢰성 확보를 위해 기존의 간접검사인 관대지 전위 검사 외에 유도초음파 검사를 추가하여 접근이 어려운 영역을 검사하기 위한 노력을 하고 있다. 하지만 매설배관 적용 시 유도초음파는 다양한 반사 신호(토양, 자갈, 코팅, 엘보우, 지지대 등)로 인해 신호 평가가 어려워 정량적으로 결함을 판별하기 위한 기준이 필요한 실정이다[1]. 본 연구에서는 매설배관의 설치 환경과 유사한 유도초음파 모델링을 수행하였으며 매설배관에서 발생 가능한 인공결함을 제작하여 실험결과와의 비교를 통해 매설배관 검사를 위한 유도초음파 필수변수를 도출하고자 한다.

### 2. 매설배관 시뮬레이션

#### 2.1 배관 모델링

대상 배관은 8인치(Sch 40) 탄소강 배관이며, 배관의 밀도는 7932 kg/m<sup>3</sup>, 탄성계수 216.9 GPa 그리고 포아송비는 0.2865로 모델링하였다. 다음 그림은 설계된 배관 모델의 개략도를 나타낸다.

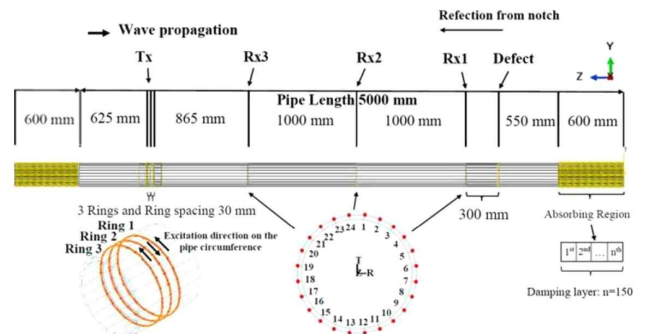


그림 1. 배관 모델 개략도

세 개의 링이 배관의 좌측에 배치되었으며, 링3은 좌측 배관 끝에서 대략 1.2 m 떨어진 곳에 위치하였다. 링의 원주방향 24개 포인트에서 배관의 원주방향으로 표면에 전단력을 전달하여 유도초음파를 발생시킨다[2].

#### 2.2 입력신호 생성

유도초음파는 비틀림 T(0,1) 신호를 생성하였으며 입력신호는 시간, 주파수의 함수이며 입력 모드는 T(0,1), 반사 모드는 주로 F(1,2)이다. 해당 모드는 사인파에 각각 10개의 사이클에 대해 해닝 윈도우가 적용되었다.

#### 2.3 노치 생성

노치의 위치는 배관의 우측에서 1,150 mm에 위치하고 있으며 총 3가지 유형이다. 첫 번째 노치는 두께 방향으로 관통된 형태이며, 두 번째, 세 번째 노치는 각각 두께 방향에서 윗부분과 아랫부분에 대해 50%로 생성하였다.

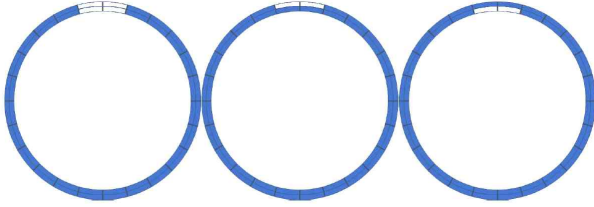


그림 2. 노치 유형

### 3. 결론

본 연구에서는 매설배관과 관련된 다양한 변수를 적용하여 유도초음파 및 노치를 모델링하였다. 유도초음파 시뮬레이션은 실험과 유사한 결과를 보였으며 굴착 불가 시, 검사를 대체할 수 있는 결과를 얻을 수 있으리라 판단된다.

#### 참고문헌

- [1] Ming-fang Zheng et al, "Modeling Three-dimensional Ultrasonic Guided Wave Propagation and Scattering in Circular Cylindrical Structures using Finite Element Approach", Physics Procedia, 2011, 112-118
- [2] X. Niu, H.-P. Chen, H.R. Marques, "Piezoelectric transducer array optimization through simulation techniques for guided wave testing of cylindrical structures, The 8<sup>th</sup> ECCOMAS Thematic Conference on Smart Structures and Materials(SMART 2017), Madrid, Spain, 2017