

지반에 매립된 배관에서의 유도초음파 거동 해석을 위한 기초 실험

Preliminary Experiment for Analysis of Guided Wave Behaviors in Buried Steel Pipes

이 주 원* · 신 성 우** · 나 원 배*** · 김 재 민**** · 김 영 상*****
Lee, Juwon · Shin, Sung Woo · Na, Won-Bae · Kim, Jae-Min · Kim, Young-Sang

요 약

본 연구에서는 매립 구간의 길이가 유도초음파 신호 강도에 미치는 영향을 분석하였다. 유도초음파 모드 해석을 통해 가진 모드와 주파수를 결정하였으며, 유도초음파의 가진 및 수신은 경사각 입사 방식의 Pitch-Catch 법을 이용하였다. 또한, 비 매립된 배관에서 유도초음파 신호를 획득하여, 이를 기준으로 매립된 배관에서 획득한 유도초음파 신호를 분석하였다. 실험 결과 매립 구간의 길이가 유도초음파의 신호 강도에 매우 큰 영향을 미칠 뿐만 아니라, 매립 구간의 길이와 신호 강도의 변화가 선형 비례적인 관계를 보이지 않는다는 것을 확인할 수 있었다.

keywords : *buried pipe inspection, guided waves, attenuation*

1. 서 론

유도초음파를 이용한 비파괴검사법은 장거리를 전파할 수 있는 유도초음파의 특성으로 배관과 같이 긴 거리에 걸쳐 설치되는 구조물의 검사에 용이한 장점이 있다. 그러나, 배관이 지반에 매립된 경우 주변으로 유도초음파의 누설이 발생하며, 이에 따라 유도초음파 전파에너지의 손실이 발생하게 되고, 결과적으로 전파거리가 지상 배관에 비하여 매우 짧아지게 된다. 이러한 제한점을 극복하기 위해 내부 유체를 통해 전파되는 모드를 사용하거나 (Long *et al.*, 2003), 지반의 영향이 적은 모드를 사용하는 (Kwon *et al.*, 2004) 등의 방법이 제안되었으며, 또한 매립 지반의 특성에 따른 유도초음파의 감쇠 특성 분석(Lee *et al.*, 2010)을 통하여 장거리 전파 모드를 탐색하는 다양한 연구가 수행되었다. 특히 Lee *et al.* (2010) 은 다짐과 포화도를 변수로 하는 지반 모델을 이용하여 유도초음파의 감쇠에 영향을 주는 지반의 특성(밀도, 체적중과속도, 체적회과속도)을 결정하였다.

본 연구에서는 지반에 매립된 배관에서의 유도초음파 감쇠 거동을 정확하게 분석하고, 이로부터 매립 배관 탐상에 유효한 장거리 전파 모드를 식별하기 위한 기초 연구로써, 매립 길이에 따른 배관의 유도초음파 신호 강도의 변화를 실험적으로 알아보았다.

* 정회원 · 부경대학교 해양공학과 박사과정 i0m0free@pknu.ac.kr
** 정회원 · 부경대학교 안전공학과 조교수 shinsw@pknu.ac.kr - 교신저자
*** 정회원 · 부경대학교 해양공학과 부교수 wna@pknu.ac.kr
**** 정회원 · 전남대학교 건설환경공학부 교수 jm4kim@jnu.ac.kr
***** 전남대학교 건설환경공학부 부교수 geoykskim@chonnam.ac.kr

2. 연구방법

2.1. 실험구성 및 물성치

본 연구는 그림 1과 같은 실험구성으로 수행되었다. 경사각 입사 방식의 Pitch-Catch 법으로 유도초음파 신호를 가진 및 수신 하였으며, 두 센서 사이의 거리는 2000mm 이다. 실험 변수는 배관의 매립 구간 길이로 하였으며, 각각 300mm와 600mm의 매립 구간을 설정하였다. 배관 매립토는 모래 (Dry sand)를 이용하였다. 대상 배관은 KSD 3507 규격의 탄소 강관이며, 치수와 물성치는 표 1로 정리하였다. 또한 센서의 중심주파수와 경사각 입사를 위한 Wedge의 특성을 표 2에 정리하였다.

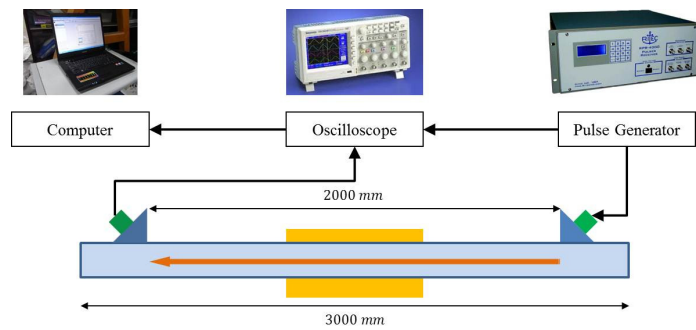


그림 1 실험구성

표 1 파이프의 치수와 물성치

Dimensions				Material properties		
Length	Outside diameter	Inside radius	Wall thickness	Density	P-wave velocity	S-wave velocity
3000mm	114mm	53mm	4mm	7932kg/m ³	5960m/sec	3260m/sec

표 2 센서와 웨지의 특성

Sensor	Wedge
Center frequency	Wedge velocity
100kHz	2720m/sec

2.2. 가진 모드 및 입사각의 결정

경사각입사 방식의 Pitch-Catch 법에서는 사용하는 웨지의 초음파 전파 속도보다 위상 속도가 빠른 모드의 가진이 가능하다. 따라서 적절한 모드의 선택이 필요하며, 이를 위하여 위상 속도 및 군속도 분산 모드 해석을 수행하였다. 모드 해석을 통하여 L(0,2) 모드를 본 실험에서의 가진 모드로 결정 하였으며, 또한 입사각은 Snell의 법칙을 이용하여 30°로 결정하였다. 가진주파수는 센서의 중심주파수인 100kHz로 정하였다.

3. 결 과

매립 구간 길이에 따른 신호 강도 변화를 알아보기 위해, 비매립 배관에 대한 실험을 수행하고 이를 기준으로 매립 배관에서 획득한 신호를 비교하였다. 그림 2(a)와 2(b)에서 확인할 수 있듯이 매립 구간 길이가 길어질수록 첫 번째 도달하는 파의 - 본 연구에서는 L(0,2) 모드 - 최대 진폭이 감소하는 것을 알 수 있으며, 이는 매립 구간 길이가 신호의 감쇠에 큰 영향이 있음을 실증 한다. 또한 비매립 배관과 300mm가 매립된 경우는 최대 진폭의 변화가 크지 않으나, 매립 길이를 600mm로 하였을 때 최대 진폭의 변화가 매우 커지는 것을 확인할 수 있다.

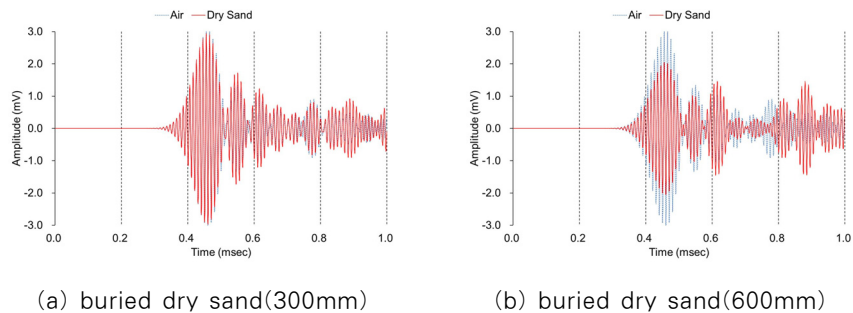


그림 2 매립 조건에 따른 수신 신호

4. 결 론

본 연구에서는 매립 길이에 따른 유도초음파 신호 변화 특성을 실험적으로 알아보았다. 이로부터 매립 길이의 변화가 유도초음파의 신호 감쇠에 매우 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있었으며, 또한 매립 길이에 따라 신호가 선형적으로 감소하지 않는다는 것을 알 수 있었다. 한편, 본 연구는 매립 배관을 대상으로 하는 기초적인 실험이며, 이를 바탕으로 추후의 연구를 통하여 매립 배관에서 전파되는 유도초음파의 거동에 대한 보다 정확한 해석이 가능하리라 판단된다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 지정 전남대학교 중화학설비안전진단센터의 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

- Long, R., Lowe, M., Cawley, P. (2003) Attenuation characteristics of the fundamental modes that propagate in buried iron water pipes, *Ultrasonics*, 41, pp.509~519.
- Kwon, H., Kim, S.Y., Chio, M.S. (2004) Torsional Guided-Wave Attenuation in Coal-Tar-Enamel-Coated, Buried Piping, *NDT&E International*, 37, pp 663-665
- Lee, J., Shin, S.W., Na, W.B. (2010) Attenuation of Longitudinal Fundamental Guided Wave Mode in Steel Pipe Embedded in Soil, *Journal of the Korean Society for Nondestructive Testing*, 30(6), pp.539~547.