

유도초음파에 의한 대구경배관 현장적용 사례 연구

*길두송, 안연식, 박상기, 조용상, 박병철, 정계조
전력연구원

Study about Field Inspection of Large Diameter Pipe by Guided Wave

*D. S. Gil, Y. S. Ahn, S. K. Park, Y. S. Cho, B. C. Park, G. J. Jung

Korea Electric Power Research Institute

Key words : Guided wave, Pipe inspection, Mode analysis

1. 서 론

우리가 일상생활 속에서 사용하고 있는 기기들은 금속 세라믹, 플라스틱 등의 다양한 소재로 만들어져 있다. 이들 재료나 구조물의 신뢰성은 충분히 확보되어 있다고 생각하기 때문에 별 생각 없이 사용하게 된다. 제품의 신뢰성을 보증하기 위한 실험적 검증 데이터의 확보 수단으로는 재료, 기기, 구조물의 직접 파단면 관찰, 인장시험 등을 통해 기계적 강도를 평가하는 파괴시험 및 이를 대신하는 비파괴시험(Nondestructive testing : NDT) 등이 있다. 비파괴시험은 소재, 기기, 구조물의 품질 관리나 품질 보증의 한 수단으로 이용되는 계측기법으로 재료, 제품, 구조물 등의 종류에 거의 상관없이 시험 대상물을 손상, 분리, 파괴시키지 않고 원형 그대로 유지한 상태에서 시험체의 표면, 내부의 결함유무와 그 상태 또는 대상물의 성질, 내부구조 등을 조사하는 시험 전체를 말한다[1].

이 중에서 유도초음파(ultrasonic guided wave)법은 구조물의 기하학적인 구조를 따라 전파하는 파로서, 광범위한 비파괴탐상을 효율적으로 수행할 수 있다는 점에서 여러 분야에 적용될 수 있고, 기존의 종파나 횡파를 사용한 국부검사법에 비해 탐촉자의 이동 없이 고정된 지점으로부터 대형 설비 전체를 한번에 탐상할 수 있을 뿐만 아니라 절연체나 코팅재의 제거 없이 구조물이 설치된 그대로 검사를 수행할 수 있어 기존의 비파괴 기법에 비해 시간적, 경제적 효율이 뛰어나다. 또한, 보존재나 제한된 공간으로 인하여 검사자의 접근이 곤란하고 복잡하다든가, 다양한 피검사체의 형상을 따라 원거리 초음파 탐상이 어려운 발전설비의 보수검사에 적극 활용되고 있다[2-7].

본 연구에서는 이러한 유도초음파의 이론적 배경을 바탕으로 산업체 현장에서 사용되고 있는 각종 배관 및 튜브류에 대하여 현장적용 시험을 수행하고 그 결과를 실험실적인 데이터와 비교분석함으로써 보다 정확한 평가가 이루어지도록 하였으며, 한편으로는 신소재, 첨단재료 등에도 이러한 비파괴평가기법을 도입하여 이들 첨단 재료의 품질보증 확립에 기여할 수 있는 가능성을 제시하고자 한다.

2. 시스템 구성

2.1 시험편

Fig. 1 은 본 연구에 사용된 대구경 배관 시험편을 나타내고 있다. 이 배관의 바깥지름은 508 mm 이며, 두께는 19 mm, 길이는 16 m 이다. 이 배관은 실제 발전 설비의 배관에 사용된 것이며 중앙부에 용접이음 하였고, 수직 및 수평행거와 지지대(support)로 설계/제작하였으며, 용접부위의 내부에 두께 감육을 모의한 결함을 가공하였다.

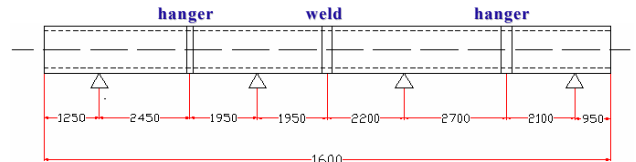


Fig. 1 The geometric of pipe specimens with large diameter

2.2 탐촉자

본 시스템에서 사용되는 탐촉자는 배관의 직경에 따라 적용되는 탐촉자가 다르며, 대구경 배관에 적용하는 Fig. 2(a)의 탐촉자 구성은 2 개의 열과 4 개 구역으로 나뉘어 있으며, 총 80 개의 요소로 이루어지고 탐촉자의 요소 간격은 35 mm 이다. Fig. 2(b)는 소구경 배관에 적용하며 두개의 부분으로 분리되어 있으며 사용한 주파수는 45-65 kHz 이다. 이 탐촉자는 2 개의 열과 6 개 구역으로 나뉘어 있으며 총 12 개의 요소로 이루어진 탐촉자의 요소 간격은 16 mm 이다.

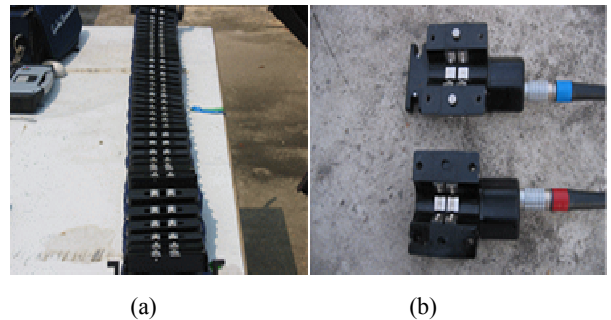


Fig. 2 (a) the inflatable transducer and (b) solid transducer

2.3 실험장치

본 연구에서 사용된 장거리 유도초음파 탐상 장치는 GUL 사(Wavemaker SE16)의 장비로 유도 초음파를 발생하여 구조물의 용접부, 결함 또는 부식으로 인한 두께 감육부에 대한 평가를 할 수 있다. 본 실험에 사용된 배관과 같은 구조물 내에서 발생될 수 있는 유도초음파 모드는 종형, 비틀림, 굽힘형 모드로 본 시스템이 발생 가능한 모드는 종형, 비틀림형 모드이다. Fig. 3 은 유도 초음파를 발생 하는 시스템 구성을 나타내고 있으며, 신호를 송. 수신 하는 실험장치와 이를 구동하기 위한 제어 컴퓨터와 탐촉자로 구성되어 있으며, Fig. 4 는 실험장치를 통하여 얻은 파형신호를 나타낸 그림이다.



Fig. 3 Photo of the large-diameter pipe

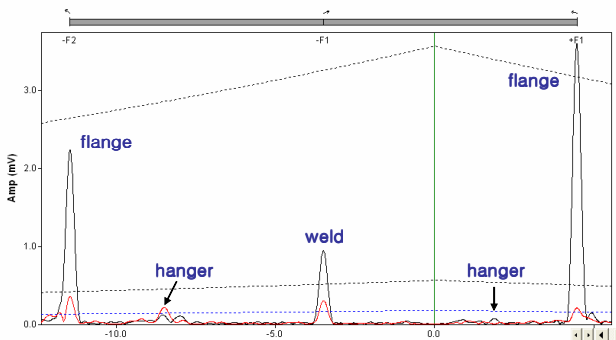


Fig. 4 Experimental result of large diameter pipe(508 mm)

3. 현장 적용시험



Fig. 5 Photo of oil line

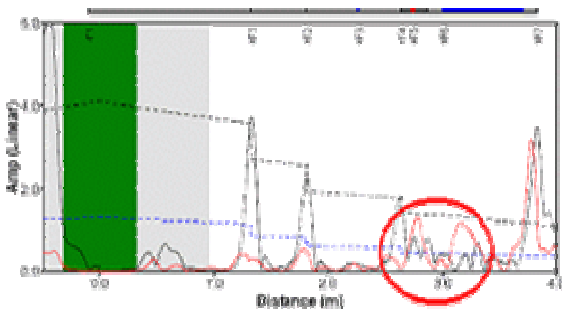


Fig. 6 Test result of 3" pipe

본 실험은 울산에 있는 정유공장의 요청으로 이루어졌으며, 진단의 초점은 도로를 가로지르는 배관의 상태를 진단 할 수 있는지 여부에 있었다.

검사결과 약 16m 도로를 횡단하는 24 “ 배관의 건전성 진단에는 큰 문제가 없는 것으로 판단되었으며 10m 도로를 지나서 Bend 부에서의 신호가 잘 나타나는 것으로 판단되어 도로를 지나가는 배관의 상태를 효과적으로 진단하는데 문제가 없음을 확인 하였다.

또한, Fig. 5 는 검사대상 부위에 대한 사진을 보여주고 있으며, Fig. 6 은 보온재로 덮여진 3 “ 배관에 대한 탐상파형을 나타낸 그림으로서 탐촉자로부터 3m 떨어진 Bend 부에서 커다란 결함 신호가 발견되었다.

이 결함신호는 정상적인 Bend 부에서는 볼 수 없는 매우 심각한 현상을 내포하고 있는 것으로 추측되었으며, 보온재 제거 후 확인하고 보수를 하거나 배관을 교체하도록 권고 하였다.

4. 결 론

본 연구를 통하여 유도초음파를 이용한 대구경 배관의 현장 적용에 대한 시험결과 아래와 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 유도초음파의 발생/수신 메카니즘 규명으로 모드와 속도분산 이론 해석에 대한 이해를 넓힐 수 있었다.
2. 바깥지름 508 mm, 두께 19mm 의 대구경배관에 유도초음파를 적용한 결과 각 주파수에 따라 상당히 많은 노이즈(Noise)로 인해 시험편으로부터 신호를 정확히 구별하기 힘든 탐상결과를 얻었으며, 이는 탐촉자의 설치 위치와 주변의 환경에 기인한 것을 알 수 있었다.
3. 발전설비의 배관뿐만 아니라 정유, 화학설비에도 적용 가능함을 확인할 수 있었으며, 결과에 대한 신뢰도를 높이기 위해서는 탐상신호에 대한 보다 정확한 이해와 면밀한 분석이 요구됨을 확인할 수 있었다.

참고문헌

1. 박은수, 박익근, 송성진, "비파괴 평가공학" 학연사, pp. 1-2, 2005.
2. S. J. Song, J. S. Park and H. J. Shin, "Guided Wave Mode Selection and Flaw Detection for Long Range Inspection of Polyethylene Coated Steel Gas Pipes", Journal of the Korean Society for Nondestructive Testing, Vol. 21, No. 4, pp. 406-414, 2001
3. D. N. Alleyne and P. Cawley, " Long Range Propagation of Lamb Waves in Chemical Plant Pipework", Materials Evaluation, Vol. 52, No. 7, pp. 504-508, 1997
4. Y. H. Cho, "Understanding and Application of Ultrasonic Guided Waves", Journal of the Korean Society for Nondestructive Testing, Vol. 21, No. 4, pp. 446-460, 2001
5. H. J. Shin, "Nondestructive testing by using guided wave technique", Journal of the Korean Society for Nondestructive Testing, Vol. 20, No. 3, pp. 238-245, 2000
6. Tatsuyuki Nagai, Masami Hyodo and Kenichi Takamura, "Long Range Ultrasonic Technique for Inspection of Buried Pipelines", Journal of the Japanese Society of Non-Destructive Inspection, Vol. 51, No. 10, pp. 622-627, 2002
7. P. J. Mudge and A. M. Lank, "A Long Range Method of Detection of Corrosion under Insulation in process Pipework", Journal of the Japanese Society of Non-Destructive Inspection, Vol. 46, No. 4, pp. 314-319, 1997