

화학공정의 배관 내경 변화 예측 시스템 개발

황규석*, 김미희
 부산대학교 화학공학과
 (kshwang@pusan.ac.kr)

Development of Pipe Diameter change in Chemical process

KyuSuk Hwang*, Mihee Kim
 Department of Chemical Engineering, Pusan national university
 (kshwang@pusan.ac.kr)

서론

국내의 화학설비의 상당부분은 1960 년대에 건설되었기 때문에 수명상 한 주기를 넘어 배관의 노후화로 인한 부식 및 결함 등이 나타나기 시작하였다. 특히, 석유화학설비 등의 배관라인의 파열 시에는 폭발, 화재로 이어지며 또한 대기오염, 수질오염 등의 환경피해로 사회 전체의 문제로 확산된다.

본 연구에서는 배관의 두께에 따라 충격에 의해 발생한 파동이 주파수에 따라 전파속도가 달라진다는 특성을 갖는 다는 것을 이용해, 배관의 두께를 알아내고 그것을 이용해 배관의 수명을 예측할 수 있다는 것을 증명하는 것에 목적을 두고 있다. 파이프의 진동 변화를 컴퓨터 프로그램을 통해 시뮬레이션 하였고, 측정된 값과 시뮬레이션의 결과 데이터를 비교하여 배관의 내경 변화 모니터링의 신뢰성을 높일 수 있었다.

본론

1. 군속도

군속도(group velocity)는 유사한 주파수를 갖는 파동군의 전파속도와 관련된 개념으로 두 개 이상의 굽힘파들의 조합을 말하는 것이다. 또한, 굽힘파들의 조합되어 모여 이동하는 파동 에너지의 전파속도를 군속도라고 한다. 매질에서의 진동파 에너지의 군속도는 매질의 물성치 뿐만 아니라, 두께 및 형상에 따라 달라지는 특성을 갖는다. 예를 들어 평판의 두께가 커질수록 굽힘파의 군속도는 점점 빨라지게 된다. 즉, 지각파가 지각을 타고 이동하듯이 진동파 에너지는 두께에 따라 군속도가 달라진다는 것을 이용하여, 배관의 두께를 추정하였다.

2. 배관 모니터링

배관의 두께를 계산하기 위해 군속도를 계산하였다. 그러기 위해 배관의 외부에서 임의의 충격을 주어 배관으로 진동이 흐르게 한다. 임의로 흐른 진동 신호를 가속도 센서로 취득하여 배관 두께에 충격파의 군속도가 다른 속도로 전파하는 특성을 이용하여 배관 두께를 측정하는 방법을 사용하였다. 이때 배관의 외경(34mm)은 같고 두께가 다른 3 개의 직선 배관을 사용하였다. 또한 실험실의 수도관을 연결하여 일정한 유량이 흐를 수 있도록 유량계를 설치하여 일정한 유속이 유입되도록 하였다. 배관의 두께를 측정하기 위해 군속도의 이론을 적용하여 실험을 하는 것이 주 목적이다. 그렇기 때문에 배관의 외경이 34mm 로 동일한 두께에 두께가 다른 3.25mm(2 분)와 7.0mm 의 배관에

같은 위치에 가속도 센서 3 개를 설치하여 균속도를 측정하기 위해 동일한 지점에서 0.1kg 의 추를 자유 낙하시켜 배관의 두께에 따른 균속도를 측정하였다.

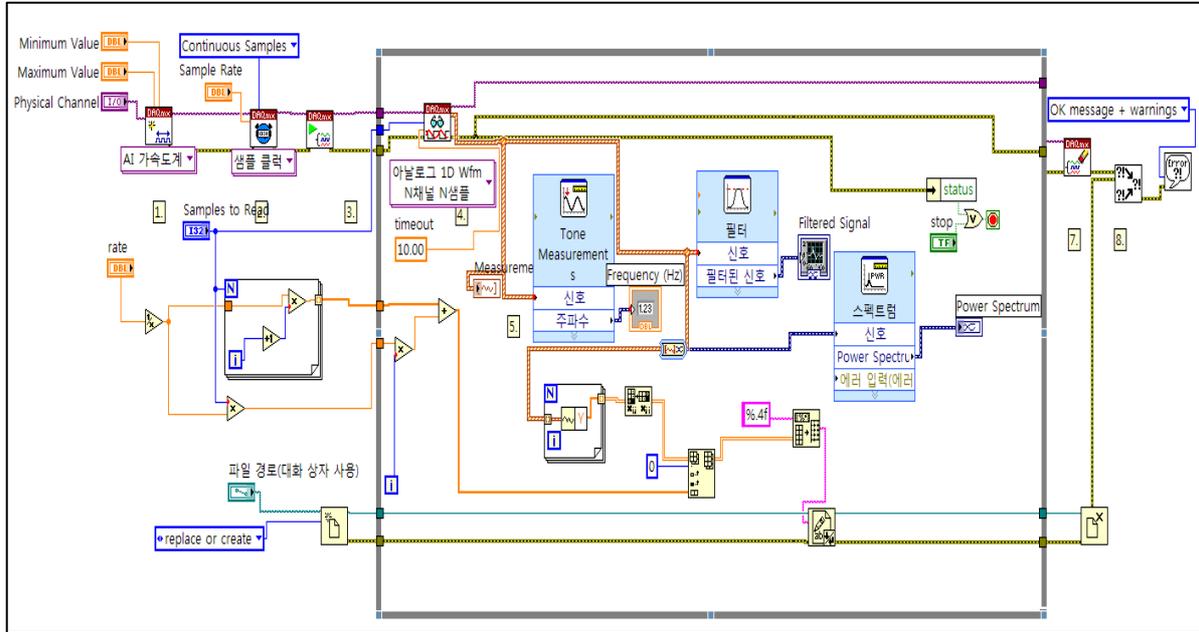


Fig1. Block Diagram of Corrosion Pipe Thickness Diagnosis

3.25mm의 두께 2분을 사용한 이유는 외경이 34mm인 배경에서 생산되는 두께 제품 중 강제 부식과 배관을 설치하기에 가장 적합한 배관의 두께라 판단하여 2분 중 하나를 앞에서 설명한 방법으로 염산(HCl)을 사용하여 강제 부식된 배관의 두께를 계산할 수 있도록 장비를 설치하였다. 그래서 Lab View Program 8.5를 이용하여 Fig.1와 같이 실행하여 Data를 수집하여 Fig.2와 같은 결과를 얻을 수 있었다.

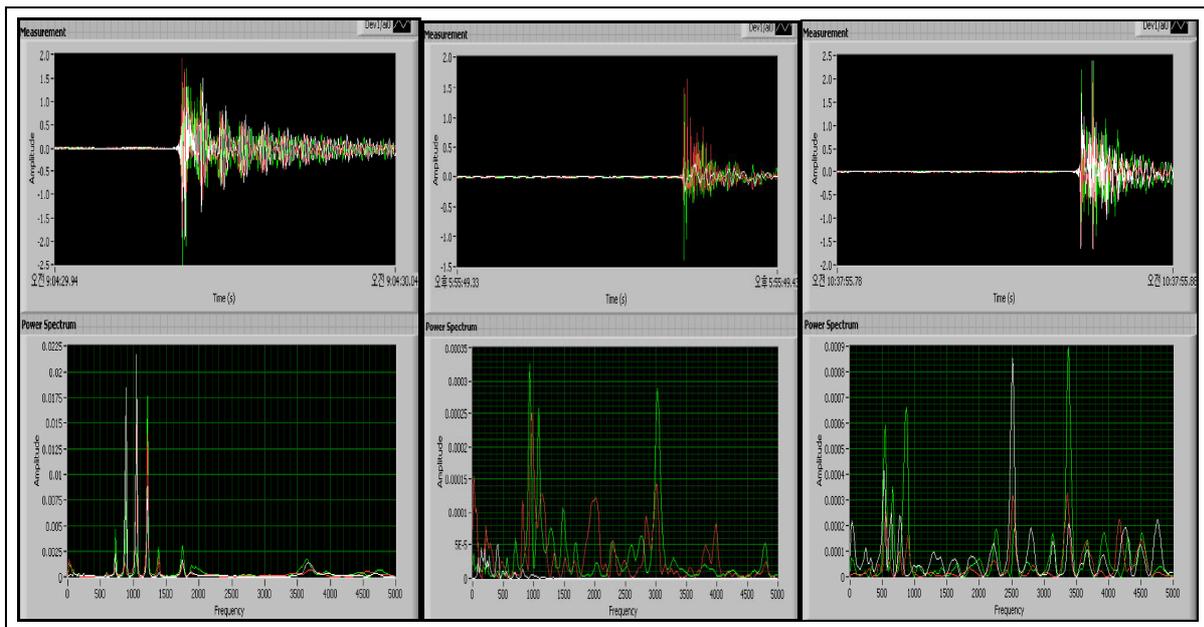


Fig2. Front panel of Data Acquisition and Power spectrum(3.25mm, 3.5mm, 7.0mm,)

실험에 사용된 배관 3본의 실험 결과를 Fig.3와 같이 그래프로 나타내었다. x축은 배관의 두께를 나타내며 y축은 군속도를 나타낸다. Fig.3에 따르면 배관의 두께가 두꺼워질수록 군속도 또한 증가한다는 결과를 얻을 수 있다.

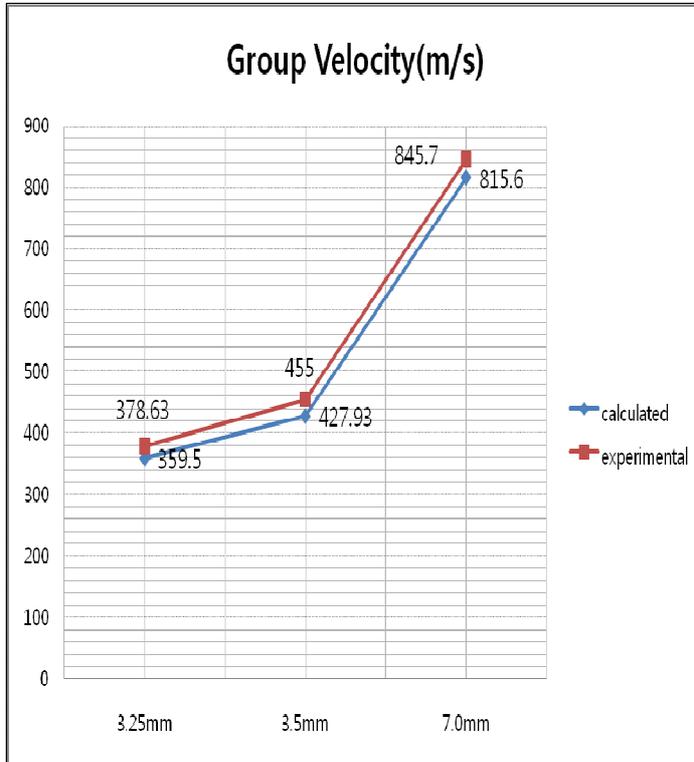


Fig.3. Group Velocity for calculated and experimental values

수집하였을 때, 주파수가 약 500Hz에서 2000Hz사이의 범위를 나타내었기 때문이다. Fig.4는 진동수에 대한 군속도와 두께의 변화를 쉽게 알 수 있도록 만든 그래프이다. 그 결과 Fig.4에서 볼 수 있듯이 주파수가 클수록 군속도가 빠르며, 또한 주파수가 작은 영역에서 실제 파이프의 두께에 근접한다는 것을 알 수 있다.

결론

배관의 두께에 따라 충격에 의해 발생한 파동이 주파수에 따라 전파속도가 달라진다는 특성을 갖는 다는 것을 이용해, 배관의 두께를 알아내고 그것을 이용해 배관의 수명을 예측할 수 있다는 것을 증명하는 것에 목적을 두고 있다. 그래서 두께가 다른 배관 샘플 2개와 강제 부식 시킨 하나의 배관 샘플을 이용해서 몇 가지 factor와 배관 두께 사이의 관계에 대해 실험하였다. 실험 Data에 대해서는 실제 잡음의 영향이 커서 충격신호가 잡음 속에 묻히는 경우가 생기기 때문에 잡음을 제거해 주었고, 그 결과를 계산할 수 있도록 하였다. 군속도는 실제 측정된 Data를 통해 배관의 두께가 커질수록 점점 빨라지는 특성을 가짐을 알 수 있었다. 때문에 측정된 군속도를 이용하여 배관의 두께를 추정할 수 있었다. 배관의 부식 전과 그 후 실험 Data를 분석한 결과, 군속도와 주파수는 두께에 비례함을 알 수 있었다. 하지만, 주파수는 측정되는 factor에 따라 변경되기 때문에 주파수를 control 할 수 있도록 설정하였고, 실제 군속도는 두께에 따라

2. 주파수와 군속도의 상관관계

본 장에서의 실험에서는 Data를 수집하여 임의의 두께 값을 계산했지만, 주파수가 배관 두께마다 각각 다르게 측정됨으로 인해서 정확한 군속도 값을 찾기가 어려웠다. 그래서 본 실험에서는 유동 factor인 주파수를 고정하였을 때, 어떠한 결과가 나타나는지 알아보고자 한다. 또한, 본 장에서의 실험도 앞의 실험과 마찬가지로 Lab View Program 8.5를 이용하여 실험을 실시하였다.

그리고, 주파수를 Control 값으로 주었을 때에는, 앞 장의 실험에서 범위를 보였던 주파수의 평균값을 임의의 Control 값으로 입력하여 실험하였다. 즉, Control 값은 500, 1000, 1500, 2000 Hz로 임의로 정하였다. 왜냐하면, 배관의 Data를

비례한다는 결과를 얻을 수 있었다. 이 실험에서 Lab View 8.5 를 이용하여 실험한 결과, 다음과 같은 특징을 결론으로 가질 수 있음을 알 수 있다.

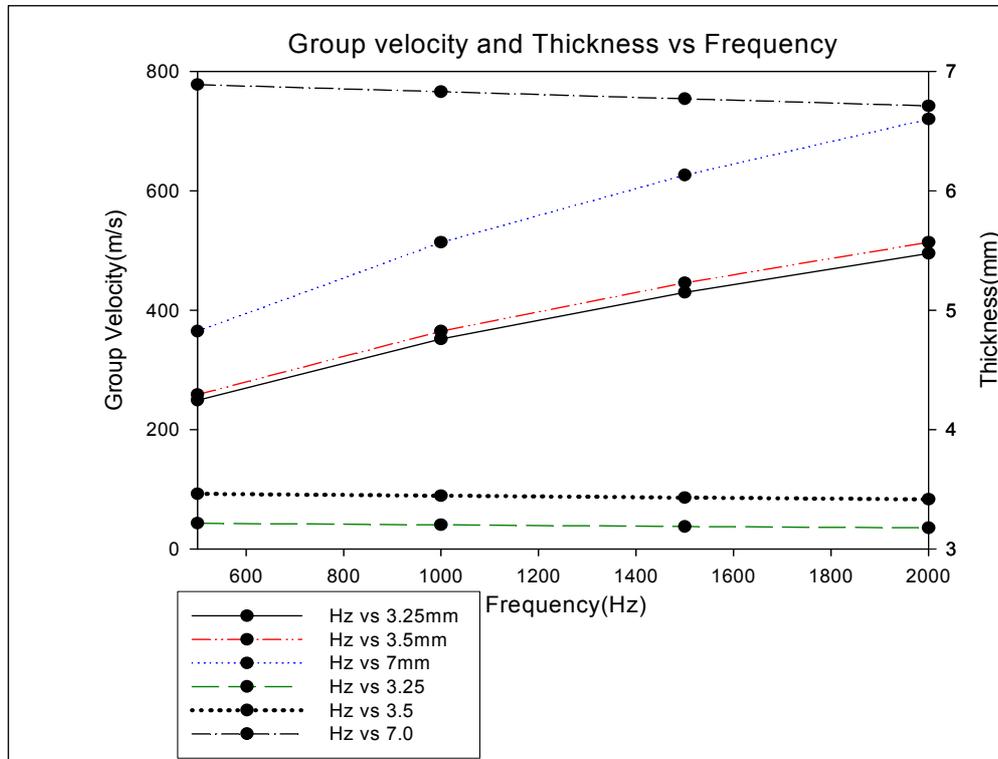


Fig4. Group velocity and Thickness vs Frequency

1. 배관의 상태를 가속도 센서를 통해 실시간으로 확인함으로써 기존 장비의 단점인 비용과 분석 시간의 단축이 가능하다.
2. 실시간으로 변화하는 진동 Data 를 저장함으로써 배관의 두께를 측정하여 변화된 두께에 대한 명확성을 증대시킬 수 있다.
3. 저장된 Data 를 통해 배관 두께 추정방법의 유용성을 입증 할 수 있었으며, 이 시험 결과 Data 를 바탕으로 균속도에 따른 배관 두께 감육 정도를 추정하여 화학공정의 배관 감육 사고를 미연에 방지 및 대처할 수 있다.

참고문헌

1. Sohn, C. H., Choi, Y.-C., Park, J. H. and Chong, U. P., 2006, "Monitoring Pipe Thinning Using Time-frequency Analysis," Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol.6, No. 12, pp. 747-756
2. Lister, D. H. and Lang, L. C., 2002, "A Mechanistic Model for Predicting Flow-assisted and General Corrosion of Carbon Steel in Reactor Primary Coolants," Proc. Int. Conf. Water Chemistry in Nuclear Reactors Systems, SFEN, Avignon, France
3. B. S. Yang, 2006, "Condition Monitoring.& Diagnostics", Inter Vision
4. 박진호, 2006, 원전의 압력경계 구조물에서 위그너-빌 분포를 이용한 충격 발생위치 추정, 한국과학기술원 박사학위논문