

축대칭결함 관의 와전류탐상 신호 예측

군산대학교 신 영 길*, 이 향 범

PREDICTION OF EDDY CURRENT TESTING SIGNALS FROM A TUBE WITH AXISYMMETRIC DEFECT

Kunsan National University Y. K. Shin*, H. B. Lee

1. 서 론

와전류탐상법[1]은 원자력 발전설비, 핵연료봉, 항공기, 송유관 등 도체구조물의 검사에 적용되는 기법으로, 탐상코일에 교류전류를 인가하여 피검사체에 와전류가 유도되도록 하고 유도된 와전류는 스스로의 자장을 인가자장과는 반대방향으로 형성하여 결국 탐상코일의 임피던스를 변화시키게 되므로 이를 탐상신호로 사용한다. 즉, 결함 부위에서 발생하는 와전류분포 변화를 코일의 임피던스를 통해 살펴봄으로써 결함의 존재여부나 형태를 인식하는 비파괴검사 방법이다. 따라서, 와전류 탐상신호는 결함의 모양이나 위치에 따라 바뀌게 되며, 이들 사이의 상관관계를 잘 알게 되면 탐상신호로 부터 결함의 위치나 형태, 위험도 등을 판단할 수 있게 된다.

본 연구에서는 그러한 상관관계를 손쉽게 파악할 수 있도록, 수치해석 프로그램을 개발하여 결함별 탐상신호를 예측할 수 있도록 하였고, 실험을 통해 예측결과의 정확성을 확인하였다. 수치예측과 실험결과의 비교는 원자력발전소 증기발생기 전열관의 깊이가 다른 외부 축대칭결함들로 인한 차동와전류신호를 대상으로 하였다.

2. 관련 이론

와전류탐상의 기본원리는 전자기유도이므로, 축대칭문제에서 자기벡터포텐셜(A)을 사용한 지배방정식은 다음 식(1)과 같으며,

$$\frac{1}{\mu} \left(\frac{\partial^2 A}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial A}{\partial r} + \frac{\partial^2 A}{\partial z^2} - \frac{A}{r^2} \right) = -J_s + j\omega\sigma A \quad (1)$$

이 미분방정식에 유한요소법을 적용하면 대수행렬식을 얻을 수 있고, 이 행렬식을 풀면 해석영역의 각 절점에서 자기벡터포텐셜 값을 구할 수 있다. 구해진 자기벡터포텐셜 값으로 부터 코일의 임피던스는 다음 식(2)를 사용하여 계산할 수 있다.

$$Z = \frac{-j\omega \oint A \cdot dl}{\int_{\Omega} J_s d\Omega} \quad (2)$$

3. 수치해석을 통한 신호예측 및 실험결과와의 비교

연구에 사용된 와전류탐촉자는 차동형으로, 동일한 두 개의 코일에 서로 반대 방향으로 전류가 흐르도록 하고 동시에 움직이면서 각각의 코일 임피던스의 합을 탐상신호로 사용한다. 이 차동임피던스는 Bridge 회로로 추출되어 임피던스평면상에 궤적으로 도시된다. 결함이 없거나 대칭이 형성된 경우에는 두 코일 임피던스의 절대치가 같으므로 그 합은 0 이 된다. 그러나 결함부위를 지날때는 한 쪽 코일의 임피던스에 변화가 오고 따라서 차동임피던스는 값을 갖게 된다. 이러한 상황은 탐촉자가 결함부위에 접근할 때와 지났을 때 발생되므로, 탐상신호는 두 개의 lobe로 형성된다. Fig. 1은 전열관 두께의 75% 깊이를 갖는 외부 축대칭결함으로 인한 신호를 예측한 결과이다. 예측결과의 정확성을 확인하기 위하여 와전류탐상기와 A/D Board를 사용, 실험한 결과는 Fig. 2와 같다. 실험결과는 75%, 58%, 38% 결함깊이 일 때의 신호들을 함께 보인 것이다. 두 결과들의 수치를 정규화하여 직접 비교해 본 결과, 임피던스평면 궤적은 거의 정확하게 일치함을 알 수 있었다.

4. 결 론

결함의 형태나 위치에 따른 와전류탐상신호를 손쉽게 예측할 수 있도록, 수치해석 프로그램을 개발하고 그 결과의 정확성을 실험을 통해 확인하였다. 탐상신호로부터 결함의 종류나 위험도를 판단하는 Inverse problem[2] 연구에 training data로써 효율적으로 사용될 수 있을 것이다. 순수한 3차원 결함 신호 예측에 대한 연구는 현재 진행중이다. .

5. 참고문헌

- [1] R. C. McMaster, NDT Handbook, Vol. 4, Electromagnetic Testing, ASNT (1986)
- [2] W. Lord, Computer Applications in Design, Simulation and Analysis, ACTA Press, Hawaii 113(1988)

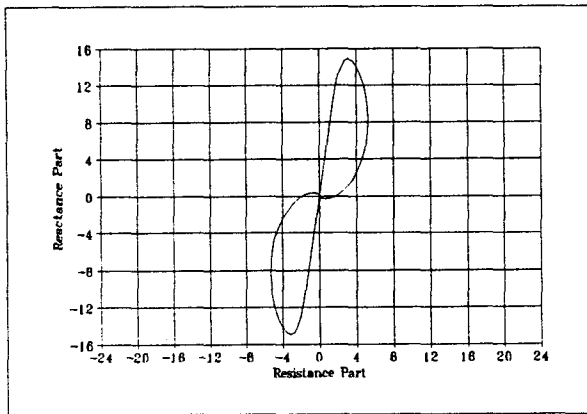


Fig. 1. Predicted Eddy Current Testing Signal

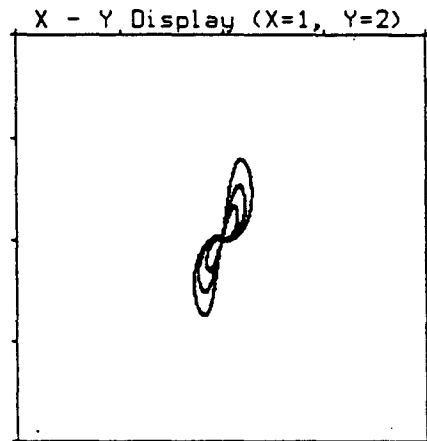


Fig. 2. Experimental Results