회전축 계의 진동응답을 이용한 불균형 질량 탐지

Unbalance Mass Detection Using Vibration Response of a Rotor Systems

최상규*, 박정호*, 이우식*†

Sangkyu Choi*, Jungho Park*, Usik Lee*†

Abstract Rotor system generated considerable the noise and vibration for the unbalance mass containing disk. So, we need more accurate design from precise structure analysis before rotor system design. Therefore, we need to reduce vibration and noise by finding the exact location of unbalance mass. In this study, using the vibration response of rotor system, we derived weight, location expression. The weight, location expression derived using the spectral element method. We assume that vibration response of translation motion can be measured and vibration response of rotation motion can not be measured.

Keywords **:** Unbalance mass, Rotor system, Spectral element method, Vibration response, Structure analysis

초 록 불균형 질량을 포함한 디스크로 인해 회전축 계에는 상당한 진동과 소음이 발생하므로 회전축 계 설계 전 정확한 구조해석을 통해 보다 정확한 설계가 필요하다. 그러므로 디스크의 불균형한 위치를 정확히 찾아내 진동과 소음을 줄여야 한다. 이에 본 연구에서는 회전축 계의 진동응답을 사용하여 불균형 질량의 무게, 위치 식을 유도하였다. 불균형 질량의 무게, 위치 식은 스펙트럴요소법을 이용해 유도하였고 회전축 계의 병진운동에 의한 진동응답은 측정 가능하고 회전운동에 의한 진동응답은 측정 불가능하다고 가정하여 식을 간단히 해주었다.

주요어 : 불균형 질량, 회전축 계, 스펙트럴요소법, 진동응답, 구조해석

1. 서 론

불균형 질량을 포함한 디스크로 인해 회전축 계에는 상당한 진동과 소음이 발생하므로 회전축 계 설계 전 정확한 구조해석을 통해 보다 정확한 설계가 필요하다. 그러므로 디스크의 불균형한 위치를 정확히 찾아내 진동과 소음을 줄여야 한다. 이에 본 연구에서는 회전축 계의 진동응답을 사용하여 불균형 질량의 무게, 위치 식을 유도하였다. 불균형 질량의 무게, 위치 식은 스펙트럴요소법을 이용해 유도하였고 회전축 계의 병진운동에 의한 진동응답은 측정 가능하고 회전운동에 의한 진동응답은 측정 불가능하다고 가정하여 식을 간단히 해주었다.

† 교신저자: 인하대학교 공과대학 기계공학과(ulee@inha.ac.kr)
* 인하대학교 기계공학과

2. 본 론

2.1 스펙트럴요소법

회전축 계를 그림1과 같이 나눈 후 z방향의 진동응답은 측정 가능하다고 가정하고 식을 유도하였다.

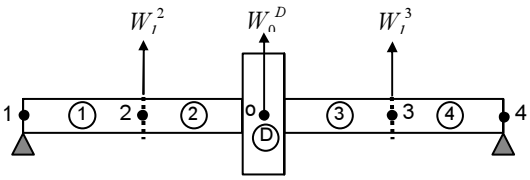

Fig. 1 Spinning shaft with an thick disk

디스크의 스펙트럴요소법은 새롭게 유도하였고, 회전축은 기존연구 [1,2]의 결과를 참고하였다. 그림1를 스펙트럴요소법을 사용하여 나타내면 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} \boldsymbol{S}_{11}^1 & \boldsymbol{S}_{12}^1 & \boldsymbol{0} & \boldsymbol{0} & \boldsymbol{0} \\ \boldsymbol{S}_{21}^1 & \boldsymbol{S}_{22}^1+\boldsymbol{S}_{11}^2 & \boldsymbol{S}_{12}^2\boldsymbol{T}_1 & \boldsymbol{0} & \boldsymbol{0} \\ \boldsymbol{0} & \boldsymbol{T}_1^{\mathrm{T}}\boldsymbol{S}_{21}^2 & \boldsymbol{T}_1^{\mathrm{T}}\boldsymbol{S}_{22}^2\boldsymbol{T}_1+\boldsymbol{T}_1^{\mathrm{T}}\boldsymbol{S}_{11}^D\boldsymbol{T}_1+\boldsymbol{T}_2^{\mathrm{T}}\boldsymbol{S}_{11}^3\boldsymbol{T}_2 & \boldsymbol{T}_2^{\mathrm{T}}\boldsymbol{S}_{12}^3 & \boldsymbol{0} \\ \boldsymbol{0} & \boldsymbol{0} & \boldsymbol{S}_{21}^3\boldsymbol{T}_2 & \boldsymbol{S}_{22}^3+\boldsymbol{S}_{11}^4 & \boldsymbol{S}_{12}^4 \\ \boldsymbol{0} & \boldsymbol{0} & \boldsymbol{0} & \boldsymbol{S}_{21}^4 & \boldsymbol{S}_{22}^4 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \boldsymbol{d}_l^1 \\ \boldsymbol{d}_l^2 \\ \boldsymbol{d}_0^D \\ \boldsymbol{d}_r^3 \\ \boldsymbol{d}_r^4 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \boldsymbol{0} \\ \boldsymbol{0} \\ \boldsymbol{f}^D \\ \boldsymbol{0} \\ \boldsymbol{0} \end{Bmatrix} \tag{1}$$

2.2 불균형 질량의 위치와 무게 방정식

$$\begin{aligned} &\text{(i) } V_0^D = q_1 d_{U1}^{-1} \\ &\text{(ii) } V_0^D = q_2 \end{aligned} \tag{2}$$

$$\text{if } q_1 d_{U1}^{-1} = q_2 \quad d_{U1} \rightarrow \text{correct} \ , \ \text{else } d_{U1} \rightarrow \text{reset}$$

식 (2)를 계산한 후

$$\begin{aligned} m_U &= \frac{g_2 f_c - g_1 f_s - e_{14} V_0^D f_c + e_{24} V_0^D f_s}{\omega^2 (f_s V_0^D - f_c W_0^D + f_c \beta_2 + f_s \beta_1)} \\ d_{U2} &= \frac{-\omega^2 m_U V_0^D - \omega^2 m_U d_{U1} \beta_1 + e_{24} V_0^D - g_1}{m_U \Omega^2 f_c} \end{aligned} \tag{3}$$

2.3 수치예제

식 (1)-(3)을 수치예제를 통해 확인하였다.

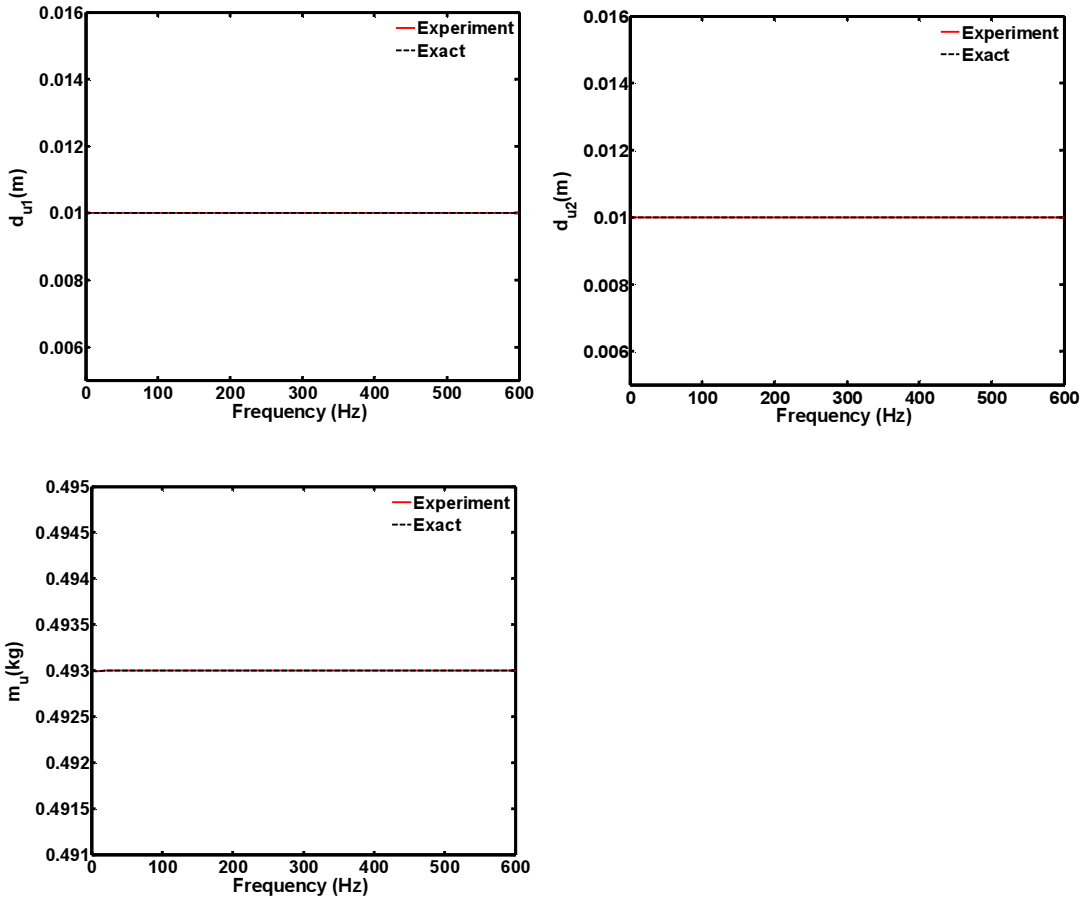

Fig. 2 Unbalance mass position and size

3. 결 론

수치예제를 통해 식 (1)-(3)의 정확도를 알 수 있었다. 실제 실험에서는 외부적인 요인에 의해 오차가 발생할 수 있으므로 랜덤에러를 넣어 수치예제를 진행할 필요가 있다.

후 기

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (과제번호: 2012R1A2A2A01004482).

참고문헌

[1] U. Lee (2009) *Spectral Element Method in Structural Dynamics,* John Wiley & Sons, Singapore, pp. 219-242.

[2] F.F. Ehrich (1992) *Handbook of Rotordynamics,* McGraw-Hill, New York.