

슬롯에 따른 회전 원판의 진동특성 해석 및 실험

Numerical and experimental investigations of vibration characteristics in rotating annular plate containing Slots

황성택* · 유정훈* · 김성진** · 이승엽†

Seoung-Tack Hwang, Jeong-Hoon Yoo, Seong-Jin Kim and Seung-Yop Lee

1. 서론

원판이 회전하는 경우 정지한 원판의 진동과 비교하여 나타나는 중요한 동역학적 특징은 회전 응력과 모드분리현상, 그리고 임계속도 및 플러터 속도 등을 들 수 있다. 원판이 회전하게 되면서 면방향(in-plane)으로 원심력이 작용하여 반지름방향과 원주방향으로 응력이 발생한다. 따라서 회전 좌표계에서 측정된 회전 원판의 고유진동수는 정지시에 비하여 증가하게 된다. 또한 절대좌표계에서 정지 관찰자가 측정한 회전 원판의 고유진동수는 동일한 진동모드에 대해서 전진 및 후진 고유진동수 두 가지로 나타난다.

실제 응용 분야에서 사용되는 원판은 불가피하게 발생하는 기하학적 비대칭성을 가지며, 이로 인해 원판의 진동특성이 영향을 받게 된다.

본 연구에서는 산업적으로 널리 활용되는 원형 회전톱의 주요 부품인 환형 원판의 회전 응력 및 모드 분리현상, 임계속도의 예측을 실험을 통하여 확인하고, 또한 특정 영역의 주파수 대역에서 여러 개의 고유진동수가 같이 나타나는 모드 수렴(Mode-Convergence) 현상에 영향을 미치는 인자를 슬롯의 깊이, 슬롯의 개수, 슬롯의 폭으로 선정하고 유한요소 해석으로 검증하였다.

2. 시험원판 및 제품실험

실험에 사용된 시험원판은 Table 1 과 같이 슬롯의 유무, 초기응력의 유무, 실제로 환형 원판에 날이 부착된 제품에 대해, 총 5 개 종류에 대하여 실험하였다.

Table 1 시험원판의 종류

| | size | Slot | Initial stress |
|---|---------|------|----------------|
| a | 343Ø | X | X |
| b | 343Ø | X | O |
| c | 343Ø | O | O |
| d | 343Ø 제품 | O | X |
| e | 343Ø 제품 | O | O |

이 연구에 이용된 25 개의 동일한 반경방향 슬롯을 가진 환형 원판이 Fig. 1 에 설명되어 있다. 원판의 기하학적 치수와 물성은 Table 2 에 설명되어 있다.

† 이승엽 : 서강대학교 기계공학과
E-mail : sylee@sogang.ac.kr
Tel : (02) 705-8638, Fax : (02) 712-0799

* 연세대학교 기계공학과
** 서강대학교 기계공학과 대학원

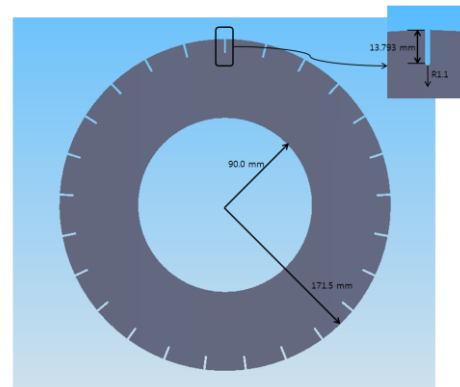


Fig. 1 Annular plate containing 25 equally spaced, identical radial U-slots

Table 2 Annular plate dimensions and material properties

| | |
|-----------------------|-------------------------|
| Outer radius | 171.5 mm |
| Inner radius | 90.0 mm |
| Thickness | 2.4 mm |
| Slot length | 13.793 mm |
| Slot width | 2.2 mm |
| Modulus of Elasticity | 205 GPa |
| Density | 7,850 Kg/m ³ |
| Poisson's Ratio | 0.29 |

3. 실험 및 유한요소해석을 이용한 검증

3.1 정지상태의 실험 및 실험결과

실험에 사용된 원판은 실제 회전을 위해 모터에 체결될 때, 모터 축(40Ø)과 원판의 양쪽면에 180Ø의 Flange 를 사용하여 체결 되어진다. 따라서 본 연구에서는 해석에 사용되는 모델을 Fig. 1 과 같이 내경이 90mm 인 환형 원판으로 모델링하여 해석을 진행하였다. 또한 정지 상태의 실험은 원판을 상기 Flange 를 사용하여 모터 축에 체결한 상태로 실시하였다. 실험 결과와 유한요소 해석결과가 Table 3 에 나와 있다. 실제 실험에서는 원판과 Flange, 모터 축뿐만 아니라 모터와 기타 구성품의 영향으로 저주파에서는 해석 결과와 오차가 발생한다. 그렇지만 고주파 부분에서는 오차의 원인이 감소하여 해석 결과와 실험 결과가 5% 이내의 오차 범위에서 일치하는 것을 볼 수 있다.

