

링 구조물의 맥놀이의 선명도와 주기 조절법

Control Method of the Clarity and the Period of the Beat in a Ring Structure

김석현* · C.X.Cui*
S.H.Kim, C.X.Cui

Key Words : Slight Asymmetry(미소 비대칭성), Mode Pair(모드 쌍), Beat(맥놀이), Equivalent Ring(등가 링)

ABSTRACT

In this study, we propose an effective method to improve the clarity and period of the beat in a ring structure. Ring is an simplified model of a Korean bell, in which beating vibration and sound are very important features. An equivalent ring theory is applied and finite element analysis on the equivalent ring is performed to determine the condition of the asymmetric element for the clear and proper period beat. The clarity and the period of the beat are improved by attaching asymmetric mass and decreasing local thickness. Using the equivalent ring, the amount and position of the local variation for the required beat condition are determined and the results are verified by experiment.

1. 서 론

한국 중에서 중요한 맥놀이를 조절하기 위한 구조 변경 기법을 제시하고, 그 타당성을 실험적으로 검증한다. 한국 중에서 맥놀이의 직접적인 원인은 주조과정에서 발생하는 비대칭성과, 각종 문양, 덩쇠 등이 그 원인으로 알려져 있다. 미세한 비대칭 요소는 하나의 링 모드를 매우 근접한 주파수를 갖는 진동 모드 쌍으로 분리시키고, 모드 쌍이 동시에 가진다면 맥놀이가 발생한다. 맥놀이 효과를 극대화시키기 위해서는 선명한 맥놀이에, 적절한 주기가 필요하다. 그러나 이러한 조건을 완벽하게 구현하는 것은 현실적으로 불가능하므로 주조 후 연삭 튜닝 과정을 필요로 한다. 본 연구에서는 링을 대상으로 연

삭 튜닝 기법을 제시한다. 이를 위하여 주어진 링 시편과 동일한 맥놀이 조건을 갖는 등가 링 모델을 결정한다. 이에 대한 이론과 유한 요소해석을 통하여, 요구되는 맥놀이 조건을 위한 비대칭성 변경 방안을 제시하고 그 결과를 실험으로 검증한다. 링은 중형 구조물의 맥놀이 현상을 가장 근접하게 구현할 수 있으므로, 본 연구 결과는 한국 종의 맥놀이 조절에 매우 유용하게 이용될 것이다.

2. 등가 링 이론

n 차 등가 링이란 주어진 n 차 모드 쌍 조건을 만족시키는 링이다. 등가 링을 구하면 이론 및 유한요소해석을 통하여 구조 변경에 의한 맥놀이 조건의 변화를 예측할 수 있으며, 나아가 요구되는 선명도와 주기를 갖는 맥놀이를 만들기 위한 비대칭성의 변경 방안을 결정할 수 있다. 등가 링에 대한 상세한 이론은 선행연구⁽¹⁾에서 기술한 바 있다.

* 교신저자: 정희원, 강원대학교 메카트로닉스공학부
E-mail : seock@kangwon.ac.kr
Tel : (033) 250-6372, Fax : (033) 257-4190

* 강원대학교 기계메카트로닉스공부 대학원 박사과정

3. 등가 링의 결정

$n=2$ 의 등가 링은 Fig. 1에서와 같이 $n=2$ 의 모드 쌍의 배치 조건과 주파수 쌍을 만족시키는 조건으로부터 결정되는데, 가장 단순한 등가 링은 축대칭 링에 하나의 비대칭 질량을 갖는다.

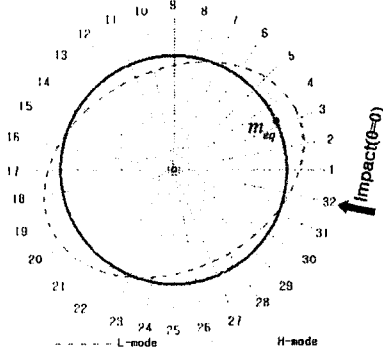


Fig.1 Striking position and $n=2$ mode pair of the ring.

4. 맥놀이 조정

좋은 맥놀이의 첫 번째 조건은 선명한 맥놀이이다. 이를 위해서는 타격지점이 L, H 모드 쌍의 절점(또는 배)의 정 가운데에 위치하여 모드쌍이 대등하게 가진되어야 한다.

두 번째 조건은 맥놀이의 주기이다. 저주파수 음의 맥놀이 주기가 너무 길면, 잘 들리지 않고, 고주파수 음의 맥놀이 주기가 너무 짧으면 급한 느낌을 준다. 성덕대왕신종의 경우, $n=2$ 모드의 주파수는 64Hz의 저주파수음인데, 3초 주기의 맥놀이가 오래 지속되면서 종이 마치 숨을 쉬는 듯, 소리에 생명력을 불어넣는다. 또한, 168Hz의 $n=3$ 모드 음에서는 9초 주기의 맥놀이가 ‘어~영 어~영’ 하는 소리를 만들어 포효하는 듯, 곡을 하는 듯 매우 독특한 느낌을 주고 있다”.

등가 링을 이용하면 Fig. 2와 같이 질량을 추가할 때의 맥놀이 조건의 변화를 예측할 수 있다. 또한 Fig.3에서와 같이 유한요소해석을 통하여 국부적으로 두께를 감소시킬 때, 맥놀이 주기의 변화도 예측 가능하다.

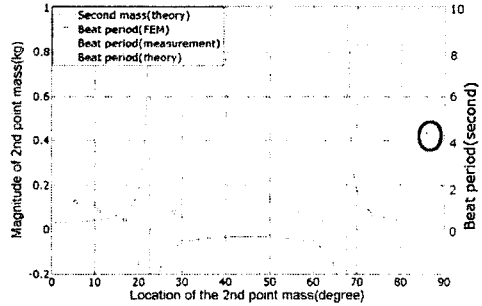


Fig.2 Beat period vs. second mass.

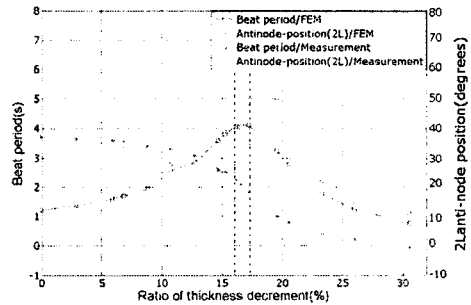


Fig.6 Beat period and anti-node position vs. thickness decrement.

5. 결 론

등가 링을 구성하여, 요구되는 맥놀이 조건을 만족시키기 위한 2차 비대칭 질량 및 국부적 두께 감소의 크기와 위치를 이론 및 유한요소해석으로 구하였다. 예측한 결과는 실험치에 매우 근접하였다. 제시된 방법을 이용함으로써, 선명함과 동시에 요구되는 주기를 갖는 맥놀이가 나오도록, 비대칭성을 효과적으로 개선할 수 있었다.

참 고 문 헌

- (1) Park, H. G., Kim, S. H. and Kang, Y. J., 2008, “Dual mode tuning strategy of a slightly asymmetric ring”, Journal of Acoustical Society of America, Vol.123(3), pp.1383~1391.
- (2) Kim, S. H., Lee, C. W. and Lee, J. M., 2005, “Beat characteristics and beat maps of the King Seong-deok Divine Bell,” Journal of Sound Vibration, Vol. 281, pp.21~44.