

## 에밀레 종소리의 긴 여운에 관한 연구

나 덕수, 배 명진  
송실대학교 정보통신공학과  
156-743 서울시 동작구 상도동 1-1  
mjbae@saint.soongsil.ac.kr

### On a Study of Long Trailing Sound of Emille Bell

DuckSu Na , MyungJin Bae  
Dept.information and Telecommunication Engr., Soongsil University  
1-1 Sangdo-5Dong, Dongjak-Ku, Seoul 156-743, KOREA  
mjbae@saint.soongsil.ac.kr

#### 요 약

지금까지 한국의 종소리가 긴 여운을 남기는 까닭은 서양 종과 달리 종의 하대 부분이 오목하여 종소리가 종 내부에 갇혀서 밖으로 빠져 나오지 못하고 오랫동안 휘돌아 치기 때문이라고 알려져 왔다. 그러나 본 논문에서는 공기의 흐름을 차단하는 실험을 통해 긴 여운의 원리가 잘못 해석되고 있음을 밝히고자한다. 에밀레종은 구리판이 등갈게 말려져 있는 구조이고, 종의 하대로 갈수록 그 직경이 줄어든다. 이러한 등근 링에서의 진동소리는 타종 부위의 상하 좌우의 탄력운동에 의해 고유한 기본저음의 소리가 발생한다. 특히 진동은 당좌부위에서 하대방향으로 전달되어 공기 중으로 전파되는데, 하대로 갈수록 직경이 줄어들어서 하대의 등근 링을 잡아주는 역할을 하기 때문에, 하대에서의 진동이 오래 동안 지속될 수 있다는 사실을 분명히 입증하였다.

#### 1. 에밀레 종소리의 특징

에밀레종은 성덕대왕의 공적을 기리기 위해 34년

동안 주조한 것으로 771년에 완성한 세계적인 문화유산 중에 하나이다. 외형도 미려하고 웅장하지만 그 종소리도 장엄하면서 섬세하다. 에밀레 종소리는 범종이 갖출

수 있는 4가지의 특성을 모두 갖추고 있다. 에밀레 종소리는 끊어질 듯 이어지는 맥놀이 현상이 나타나고, 아기가 엄마를 찾는 듯한 애끊는 소리가 들리며, 정감이 가는 심금을 울리는 소리가 들리며, 그리고 신체를 흔드는 저음이 긴 여운을 남기면서 오래 동안 지속된다.

지금까지 에밀레종의 제조비법이나 종소리의 신비를 밝혀려고, 많은 노력이 오랫동안 시도되어져 왔다. 1986년 염영하교수(서울대)는 에밀레종소리에서 나타나는 맥놀이 현상은 종의 미세한 비 대칭성 때문이라고 말하였고, 1987년 남천우 선생은 유물의 재발견이라는 저서에서 맥놀이 현상은 에밀레종 내부에 덧씌운 덮개가 맥놀이의 원인이라고 발표하였다 [2]. 1996년 T.D. Rossing은 "동서양 종의 음향특성"이라는 논문에서 에밀레종의 타종부위인 당좌가 돌출되어서 맥놀이가 나타난다고 발표하였고, 1997년도에 김양한 교수(과학원)는 미세한 비대칭성에 기인

한다고 하였으며, 같은 해에 진용옥 교수(경희대)는 에밀레종의 당좌, 비천, 아래 따돌이 등의 역 대칭성에 의해 맥놀이 현상이 나타난다고 보고(1999년 5월)한 바가 있다[1][3][4].

최근에 배명진 교수는 맥놀이 현상이 종의 흔들림 주기와 일치하는데, 맥놀이 현상의 한 원인은 종의 걸림에 따른 진자의 등시성과 소리 떨림의 흔들이에 의해 발생한다고 발표(1999년 7월)한 바가 있다. 또한 배명진 교수는 에밀레 종소리에서 심금을 울리는 소리의 비밀은 종소리의 기본진동수가 중년남성의 가슴 떨리는 목소리 진동수와 일치하므로써 친근감이 가는 종소리로 들린다는 것을 발표(2000년 6월)하였다[5][6].

그리고, 한국의 종소리가 긴 여운을 남기는 까닭은 서양 종과 달리 종의 하대 부분이 오목하여 종소리가 종내부에 갇혀서 밖으로 빠져 나오지 못하고 오랫동안 휘돌아 치기 때문이라고 알려져 왔다[3]. 그렇지만, 오목한 종 내부에 휘돌아 치지 못하게 장애물을 넣어도, 긴 여운의 소리는 그대로 계속되었다. 이처럼, 에밀레 종소리에서 긴 여운이 나타나는 구체적인 원리는 아직까지 밝혀진 바가 없으므로 본 연구에서 그 원인을 밝히고자 한다.

## 2. 에밀레 종소리의 특성

국립경주박물관에는 세계적인 문화유산인 에밀레종을 보관 및 전시하고 있는 곳이며, 그 입구의 우측에서 우리를 제일 먼저 반겨주고 있다. 그곳에 가면 오전 10시에서 오후 4시까지 2시간 단위로 에밀레 종소리를 녹음테이프에 들려준다.

그림 1의 파형은 경주박물관에서 판매중인 에밀레 종소리의 녹음 파형이며 10여 초의 시간이 진행함에 따라 종소리의 진폭이 단순하게 감소되고 있다. 이 종소리에는 앓는 소리나 끊어질 듯 이어지는 소리가 잘 들리지 않으나 에밀레 종소리의 바탕인 심금을 울리는 소리와 긴 여운의 소리가 지속되고 있다.

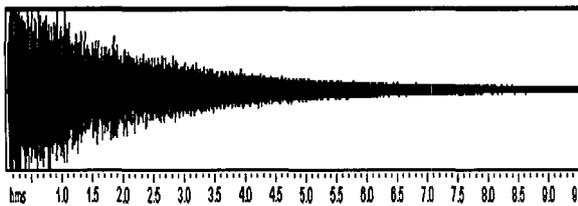


그림 1. 경주박물관에서 판매중인 에밀레 종소리의 파형

에밀레 종소리의 주파수성분은 64헤르츠, 168헤르

츠, 360헤르츠, 477헤르츠 등으로 구성되어 있는데, 종에서부터 수십 미터 떨어진 곳에서는 168, 360, 477 헤르츠의 주파수성분이 주로 들리게 되는데, 이러한 주파수성분들은 심금을 울리는 소리의 고조파가 된다.

에밀레 종소리를 이루는 가장 저음의 고리는 64헤르츠의 성분으로 공기 중보다는 땅을 통해서 주로 전파되고, 사람의 귀보다는 피부를 통해 진동으로 잘 느끼게 된다. 그리고 이 64헤르츠의 기본진동소리는 긴 여운을 남기는 특징이 있는데, 박물관에서 판매되는 테이프에서는 이 소리가 잘 들리지 않는다.

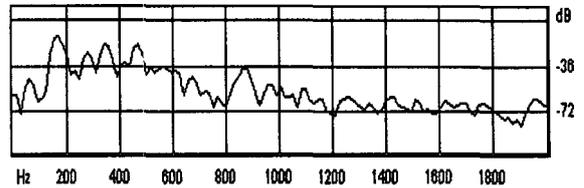


그림 2. 에밀레 종소리의 주파수 스펙트럼

## 3. 에밀레종의 긴 여운이 지속되는 원리 (등근 소리의 규명)

쇠판을 치게 되면 징이나 쟁과리처럼 고유의 쇠진동소리가 들린다. 쇠진동소리의 높낮이는 그 성분에 따라 다른데 강철과 같은 쇠소리는 아주 둔탁한 고음이고, 구리는 부드러운 저음이다. 종은 주로 청동(靑銅)으로 만들기 때문에 진동소리의 바탕은 우리에게 친근하게 와 닿는 저음의 소리가 대부분이다. 또한 쇠소리의 부드러움은 쇠판의 두께에도 관계가 있는데, 얇은 판보다는 두꺼운 경우가 더 저음이 깊어진다.

종소리에는 쇠판을 쳤을 때나는 기본 바탕소리도 들리지만, 쇠판이 등글게 원의 형태를 이루고 있어서 등근 링에서 나타나는 독특한 소리가 함께 들리게 된다. 등근 링을 타격(打擊)해 보면 그림 3과 같이 타격 부위는 힘을 받아 휘어 들어가게 되고, 그 수직을 이루는 위, 아래의 부분은 상하로 힘을 받아서 휘게 된다. 이때 링의 원주는 일정하기 때문에 타격 부위의 맞은 편도 타격 반대방향으로 오프라들게 된다. 링이 구리로 이루어져서 탄력성을 갖기 때문에 상하의 운동은 원상태로 복귀되면서 탄력을 받아서 거꾸로 상하운동을 하게 된다. 이러한 수축 과정의 반복으로 소리의 기본 진동소리가 나타나며, 동시에 구리

의 탄력특성에 의해 소리의 지속시간이 결정된다.

에밀레 종소리를 정밀하게 음향 측정하여 이를 입체 그래픽으로 재구성한 논문(1997, 김양한 교수)에 따르면 당좌를 가격했을 때 종소리의 기본진동수 64 헤르츠는 바로 등근 링의 탄력 반복주기와 일치한다는 측정치를 나타내었다[3]. 그리고 에밀레종을 주조할 때에 새겨놓은 명문(名文)에 따르면 종소리는 “등근” 소리를 들려주기(일승(一乘)의 원음(圓音)) 위해 주조하였다고 하였는데, 이것은 우리 선조가 이미 종소리는 등근 링의 탄력에 의해 기본 진동소리가 나타난다는 사실을 이미 알고있었다는 증거이다.

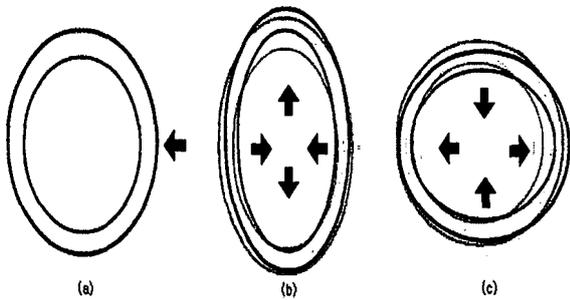


그림 3. 타격 시 등근 링에서 나타나는 기본진동의 원리  
 (a) 등근 링의 타격  
 (b) 등근 링의 수축  
 (c) 등근 링의 탄력

또한 한국의 종에서만 독특하게 나타나는 현상으로, 종의 제조 시에 종의 하부를 오목하게 마무리한다는 사실은 등근 링의 탄력을 오랫동안 지속시켜 종소리의 여운을 오랫동안 유지하기 위함이다. 그것은 당좌부위를 타격 하면 진동은 오목한 종의 하대(下帶)로 전달되어 등근 링의 탄력특성이 나타나게 되는데, 당좌부위의 넓은 링이 하대의 좁은 링을 잡아주는 역할을 하게되므로 하부 링의 탄력을 오래 지속하게 한다. 그리고 하대의 직경이 원의 이 때문에 긴 여운을 갖는 기본 진동소리가 돌리게 된다. 이러한 사실은 1300여년 전에 우리의 선조가 고도의 과학적인 지식을 종소리 제작에 이미 활용하고 있었다는 것을 입증하는 것이다.

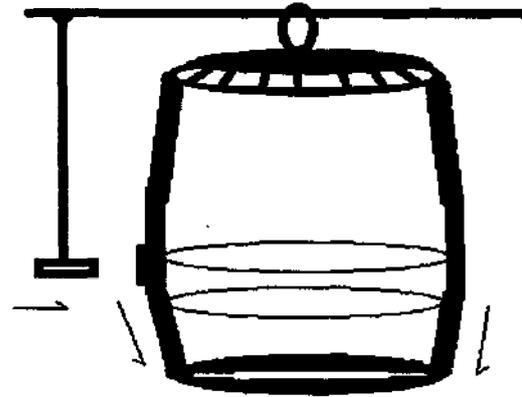


그림 4. 하대가 오목하여 등근 링의 진동시간을 오래 유지하는 원리

#### 4. 결 론

세계인들이 신(神)의 소리라고 극찬한 에밀레 종소리는 심금을 울리는 소리, 애끓는 소리, 끊어질 듯 이어지는 소리, 그리고 긴 여운을 남기는 소리가 복합적으로 들리는 세계적인 우리의 문화유산이다. 지금까지 에밀레 종소리가 듣기에 좋다는 주관적인 의견들이 나와 그 원인을 규명하는 연구들이 많이 시도되어왔지만, 에밀레 종소리에서 긴 여운을 남기는 소리 비밀을 규명하기는 처음이다.

에밀레 종소리의 바탕을 이루는 진동주파수는 64, 168, 360, 477헤르츠 등으로 저음의 64헤르츠 진동소리가 가장 긴 여운을 남긴다. 가장 기본이 되는 저음의 소리는 에밀레종의 등근 링에서 고유 진동이 발생하게 되며, 하대가 오목하여 하대의 등근 링을 잡아주기 때문에 진동소리가 오랫동안 유지된다는 것을 밝혔다. 이처럼 긴 여운의 저주파 음이 신체를 진동하면서 오랫동안 지속되어 느끼도록 해주기 때문에 에밀레 종소리에서 우리는 정감을 느끼게 된다.

지금까지 우리는 에밀레 종소리에서 느낄 수 있는 등근 소리의 근원을 이해하고, 여운이 길게 나타나는 원리를 입증하였다. 이로서 성덕대왕신종의 명문에 있는 일승의 원음(圓音)이 난다는 사실을 과학적으로 규명하였다. 이로서 우리 민족이 1300년 전에 이미 이러한 소리를 만들어 낼 수 있었다는 과학적인 수준을 밝힘으로서, 문화민족으로서의 자부심을 재삼 확인하였다.

## 참고문헌

- [1] Y. H. Yum, J. M. Lee, and S. H. Kim, "A study on the vibration and sound of bells with slight asymmetry", Proceedings 4th International Modal Analysis Conference, LA., USA., pp.75-80, 1986.
- [2] 남천우, "유물의 재발견", 한국서울, 정음사, p.273, 1987.
- [3] 국립경주박물관, "성덕대왕신종 종합논문집", 1999.
- [4] 김양한, "음향진동측정을 통한 성덕대왕신종의 소리 특성 탐구", 보고서 자료, 1997.
- [5] 함명규, 장금영, 박원, 배명진, "도플러 효과에 의한 성덕대왕 신종의 맥놀이 현상 규명", 한국음향학회 정기총회 및 학술 논문발표대회 논문집, 1999.
- [6] 함명규, 배명진, "성덕대왕 신종의 심금을 울리는 소리 분석에 관한 연구", 한국음향학회 하계학술발표대회 논문집, pp.227-230. 2000.