

# TV set의 스피커에 의한 소음 대책 설계

김재환\*, °김종연\*\*, 이종근\*\*, 이동호\*\*

곽순찬\*\*\*, 박상덕\*\*\*, 최진성\*\*\*, 박종성\*\*\*

## A Design Approach of TV Set for Reducing Noise Induced from Speaker

Jae-Hwan Kim\*, °Jong-Youn Kim\*\*, Jung-Keun Lee\*\*, Dong-Ho Lee\*\*

Soon-Chan Kwak\*\*\*, Sang-Deuck Park\*\*\*, Jin-Sung Choi\*\*\*, Jong-Sung Park\*\*\*

### ABSTRACT

Recently, TV makers have tried for high sound quality and power. However, due to the high power of the speaker the structure of TV set brings about a sound vibration problem. Therefore, this paper illustrates the sound vibration phenomenon for a monotype TV set and suggests guide lines for reducing the sound vibration in the design of TV sets.

### 1. 서 론

최근, 소비자들의 품질에 대한 요구가 높아지면서 TV set은 고화질, 음질의 고급화, 고출력화에 초점을 두어 개발 되었다. 그러나 TV 스피커의 고음질, 고출력화를 위한 노력은 예상치 못했던 품질상의 문제를 야기 시켰고, 그 대표적인 것으로 “음 진동”현상을 들 수 있는데, 이것은 TV 스피커에서 발생된 음원이 TV set에 진동을 일으키고 외부로 소음을 방사하는 현상으로 TV의 음질을 떨어뜨리는 심각한 문제라 할 수 있다. 결국, 이러한 음 진동(1)현상의 원인을 규명하고, 해결책을 제시하는 것이 고품질화의 척도라 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 TV set의 음 진동현상을 규명하고 기존 TV set의 구조변경을 통한 개선책을 마련하여, 개발될 제품의 설계 guide line을 마련하는 것이 본 논문의 목적이다.

TV set의 스피커는 인간에게 소리의 정보를 전달하기 위한 수단이다. 하지만 소음 측면에서 보면 소음을 발생시키는 큰 요인이 된다. Fig.1은 TV set의 스피커에서 발생한 음과 그 전달 경로를 나타낸 그림이다.

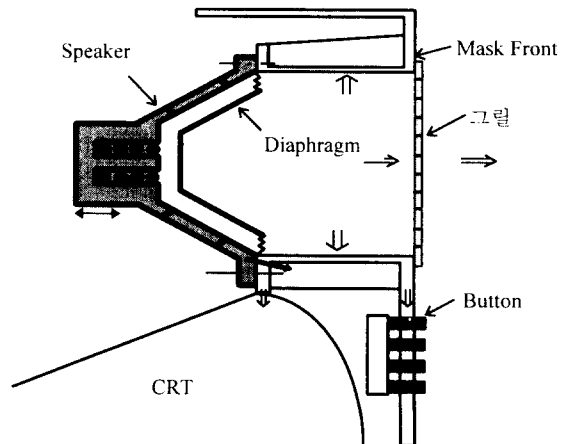


Fig.1 스피커에서 발생한 음과 진동의 전달 경로

\* 인하대학교 기계공학과  
\*\* 인하대학교 기계공학과 대학원  
\*\*\* 대우전자(주) TV 연구소 연구 1 실

스피커는 전기적 신호를 소리로 바꾸기 위한 장치로서, 전기적 신호를 직선운동으로 바꾸는 moving coil과 이 직선운동을 떨림 운동에 의해 음압을 발생시키는 diaphragm이 서로 연결되어 있는 구조로 되어 있다. 스피커의 프레임은 영구자석을 지지하고 TV set의 몸체에 부착하게 되어 moving coil과 diaphragm의 진동을 받아주게 된다. 이렇게 스피커에서 발생한 진동은 TV set의 몸체를 타고 각 부품에 전달되며, diaphragm을 통해 발생한 음은 대부분 외부로 방사되지만 일부는 구조물에 전달된다. 이 때 전달된 진동에 의해 부품간의 접촉으로 소음이 발생하게 된다. 이러한 음진동 현상을 규명하는 것과 해석 및 실험을 통한 해결책 제시의 단계로 음진동 현상을 대비한 설계 guide line을 마련하는 것이 본 논문의 목적이다. 여기서는 한개의 스피커가 부착된 모노형 TV set에 대해서만 다루었다.

## 2. 음진동 현상 규명

스피커에서 발생한 소리는 그릴 외부와 스피커 후방으로 방사되는 동시에 근접한 구조물을 가진다. TV set의 몸체는 플라스틱으로 된 구조물로서 내부에는 각종 리브 및 보강재들로 구성되어 있는데 이러한 부분들을 통하여 진동과 소리가 구조물의 모든 곳으로 전달된다. 여기서 진동은 스피커의 프레임을 통하여 전달되는 것을 뜻하고, 소리라 함은 스피커의 diaphragm을 통하여 방사되는 것을 말한다. 이렇게 발생한 몸체 구조물의 진동은 mask front와 button의 형합부, mask front와 CRT 접촉면, mask front와 PCB형합부 등에서 부품간의 접촉으로 인해 소음을 발생시키게 된다. 또한 그릴 전면에서는 몸체 구조물의 진동 그리고 스피커의 diaphragm과 그릴사이의 공간에서 발생하는 음향공진현상으로 인해 부품간의 접촉을 유발하는 소음이 될 수 있다. 따라서 음진동의 원인을 규명하기 위하여 스피커와 그릴사이의 공기와의 연성 해석과 TV본체의 구조해석을 수행

하였다.

### 2-1 연성 해석 및 스피커 실험

스피커 가진시 스피커의 diaphragm과 그릴사이의 음향공간 내의 공기 유동으로 인해 발생하는 음압이 구조에 미치는 영향을 알아보기 위해 연성 해석을 수행하였다. 먼저 스피커와 그릴사이의 공간을 음향 구조의 연성 해석을 하기 위해 스피커 영역을 그릴부와 음향 공간 내부의 영역으로 구분하고 그릴 부위는 유한요소법을 이용하여 구조해석을 수행하고 공기 영역은 경계요소법을 이용하여 공기 유동 해석을 수행하였다. Fig.2는 유한요소법<sup>(2)</sup>과 경계요소법<sup>(3)</sup>을 사용하여 구조 및 음향 해석 수행을 위한 격자형상을 나타낸다. A, B, C는 음향 해석 영역을 나타낸다.

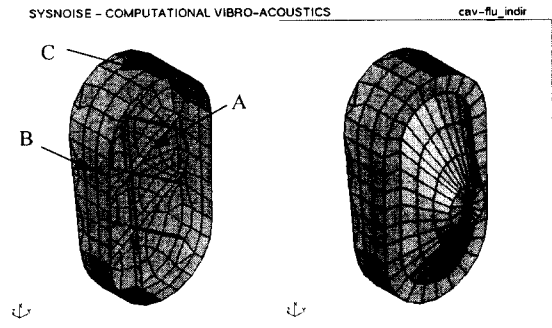


Fig.2 FEM과 BEM을 이용한 스피커 해석

위의 해석에서 그릴부는 다공판으로 되어 있으므로 공동내의 음이 그릴을 통하여 빠져 나갈 때 저항 즉, 임피던스가 있을 것으로 생각하여 Fig.3에서 보듯이 다공판 전후로 음압이 작용한다고 하고 아래와 같이 임피던스<sup>(4)</sup>를 구하였다.

slab전후의 압력을  $p_1, p_2$  라 하고 속도를  $v_1, v_2$  라고 하면

$$p_1 - p_2 = Z_{slab} \cdot v_1 \quad (1)$$

slab 전후의 속도  $v_1 = v_2$  라고 보고 양변을  $v_1$ 으

로 나누어 주면,

$$Z_{local}(1) - Z_{local}(2) = Z_{slab} \quad (2)$$

여기서,  $Z_{local}(2) = \frac{p_2}{v_2} = \rho_0 c$  이므로

$$Z_{local}(1) = \rho_0 c + Z_{slab} \quad (3)$$

slab의 임피던스를 구해보면,

$$Z_{sl} = \frac{p_1 - p_2}{v_1} \quad (4)$$

이고 반사계수로 부터<sup>(4)</sup>

$$v_1 = \frac{2p_1}{2Z_1 + 2Z_{sl}} \quad (5)$$

따라서,

$$Z_{sl} = \frac{2(p_1 - p_2)}{p_1 + p_2} \rho_0 c \quad (6)$$

그런데, 그릴을 전후에서 압력을 측정한 결과 (Fig.4) 스피커의 1차 공진에서  $p_1 = 0.9Pa$ ,

$p_2 = 0.45Pa$  이므로  $\frac{2(p_1 - p_2)}{p_1 + p_2} \approx 1$ 이다. 따라

서  $Z_{sl} \approx \rho_0 c$ 가 되고,

$$Z_{local}(1) \approx 2\rho_0 c \quad (7)$$

이 된다.

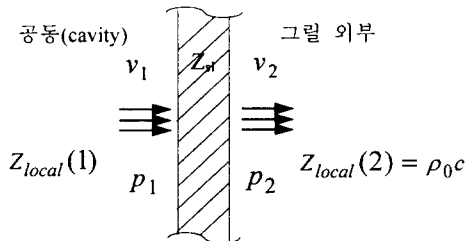


Fig.3 다공판 Slab의 임피던스

Fig.5는 앞에서 계산된 그릴 내면의 임피던스를 사용하여 FEM과 BEM의 연성해석 결과를 나타내

는데, 실험을 통하여 얻은 결과와 잘 맞는다.

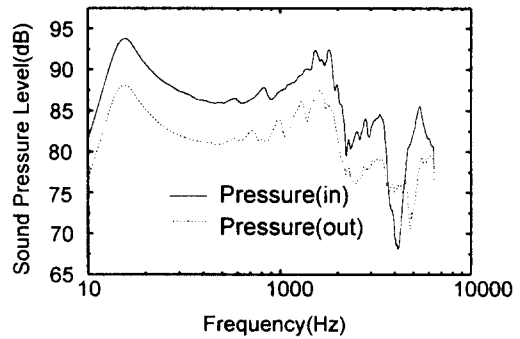


Fig.4 Cavity 내외부의 음압 곡선

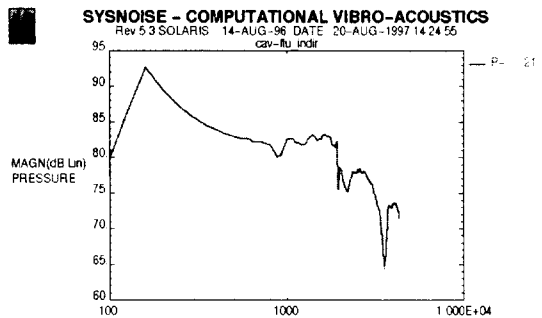


Fig.5 Point A에서의 음압

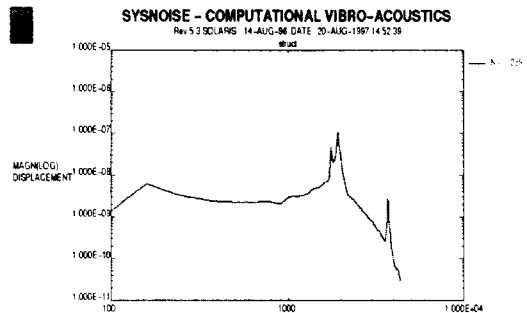


Fig.6 point A에서 음압에 의한 진동

이 결과를 가지고 공동내의 음압에 의해 발생하는 구조물의 진동을 계산한 결과를 Fig.6에 나타내었다. 여기서 알 수 있는 것은 공동내의 음압

에 의한 진동이 매우 작다는 것이다.

결국, 스피커에서 발생한 음압은 그릴을 통하여 대부분 빠져 나가고, 스피커 음압에 의한 구조물의 진동은 매우 적으므로 이 영향은 무시할 수 있다.

## 2-2 구조 해석

TV set은 구조적인 면에서 mask front와 cover back의 결합체로 되어있지만, 전체적인 구조해석은 어려움이 있기 때문에 모노형에서 음압의 진동에 의한 영향을 집중적으로 받는 mask front부분만의 해석을 수행하였다.

ANSYS에서 박판요소를 사용하였고, 바닥면과 앞면에서 큰 진동을 보일 것으로 예상하여 이 부분에 대한 요소를 잘게 나누어 해석을 수행하였다.

경계조건은 바닥면에서 수직(Y축)방향은 움직임이 없다고 보았고, 그 외 각 볼트 체결부에서는 볼트방향(Z축)으로 고정되어 있다고 가정했으며, 브라운관과 닿는 부분은 사이틈이 없어서 Z방향으로 완전히 고정된 것으로 보았다. (Fig.7)

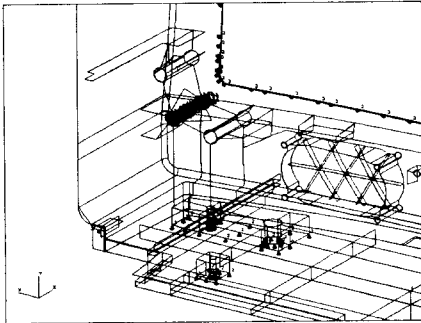


Fig. 7 Mono type TV set 경계조건

Fig.8,9는 구조해석의 결과로써 222.18Hz, 364.35Hz에서의 모드형상을 나타내고 있다.

결국, 스피커 가진에 의해 발생하는 진동은 주로 바닥면으로 전파되는 경향을 나타내고 있는 것

을 볼 수 있다.

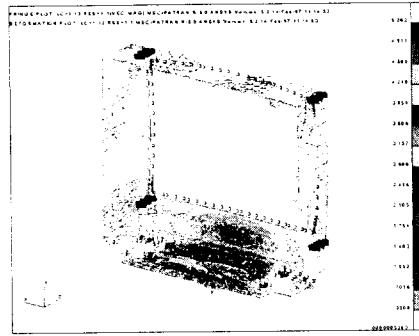


Fig.8 TV set의 모드형상(222.178Hz)

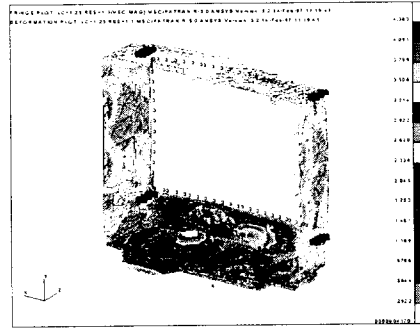


Fig.9 TV set의 모드형상(364.355Hz)

## 2-3 Modal 실험

앞에서 수행한 구조해석 결과의 타당성을 검증하기 위해 실험적인 모드 해석<sup>(6)</sup>을 수행하였다. 본 실험에서는 Fig.10과 같이 스피커를 가진기로 사용하고 3축 모달 센서의 위치를 변경시켜 가면서 주파수 응답을 받았다. 111개소에서 주파수 응답을 측정하였고, 모달 전용 해석 프로그램인 STAR를 사용하여 해석을 수행하였다. Fig.11,12은 206.14Hz와 346.53Hz에서의 모드형상을 도시한 그림이다. 앞의 구조해석 결과와 주파수 및 모드 형상이 비슷한 것을 알 수 있다.

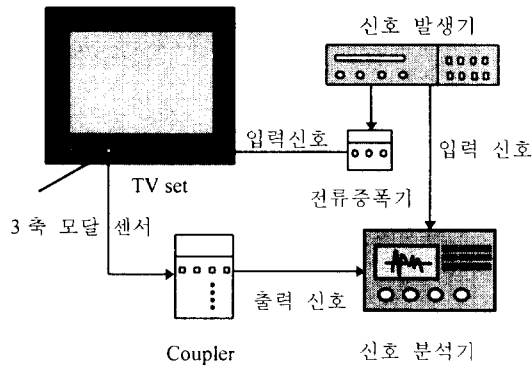


Fig.10 실험 장치 및 개략도

Mode# : 1 Frequency: 206.14Hz

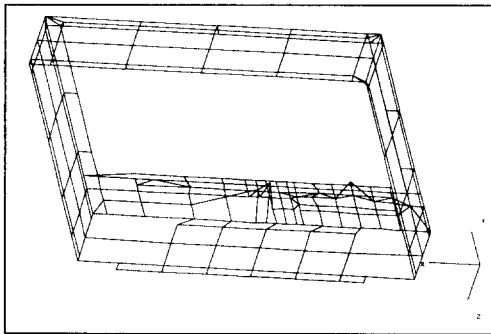


Fig.11 TV set의 모드 형상(206.14Hz)

Mode# : 2 Frequency: 346.53Hz

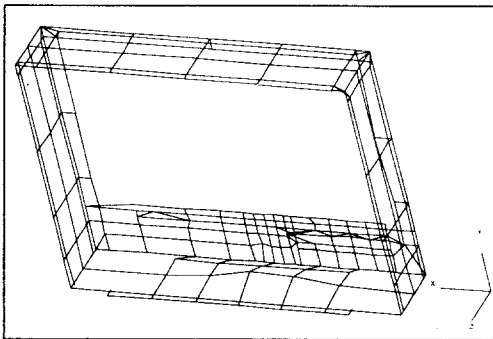


Fig.12 TV set의 모드 형상(346.53Hz)

#### 2-4 스피커 가진 실험

음 진동을 확인하기 위하여 TV전면에 소음계를

놓고 스피커를 최고 출력으로 가진하면서 음압을 측정하였다.(Fig.13)

그 결과 210Hz부근에서 음 진동이 심하게 발생하는 것을 발견하였다. 그 원인을 확인하기 위하여 216Hz에서 mask front와의 조화 가진 해석을 수행하였다. 이때 가진폭은 스피커 체결점에서 진동을 측정하여 그 결과를 사용하였다. Fig.14는 스피커 체결 점에서 진동을 측정한 것으로 168Hz와 216Hz에서 peak 값이 존재한다는 것을 알 수 있다. 조화 가진 해석결과 Fig.15와 같이 바닥면에서 큰 진동이 있는 것을 알 수 있다. 다시 말해서 이 주파수에서 바닥면의 큰 진동에 의해 음 진동 현상이 발생한 것이라고 볼 수 있다.

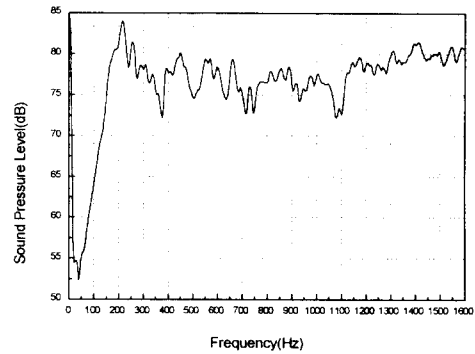


Fig.13 TV set전면에서 측정된 음압 곡선

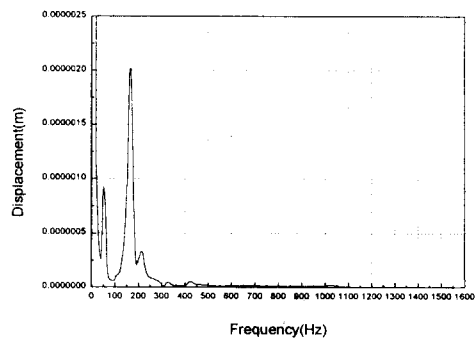


Fig.14 스피커 체결점에서의 변위

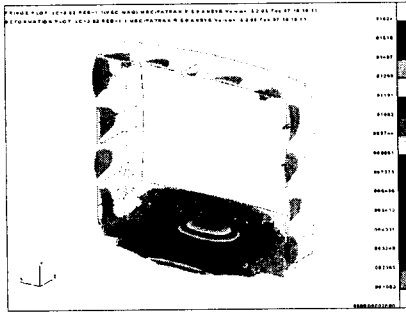


Fig.15 조화 가진 결과(216Hz: 0.0589mm)

### 3. 모델 개선

전 절에서의 해석 결과와 실험을 바탕으로 하여, 구조 해석 방법에 의해 여러가지 보강을 시도해 보았고, 최종적으로 가장 우수한 결과를 주는 모델을 찾아 보았다.

#### 3-1 구조 해석 및 모달 실험

다양한 모델의 보강 시도 결과 가장 우수한 효과를 준 것은 바닥부분의 rib두께 증가와 앞면과 연결된 rib의 두께를 증가시켰을 때 임을 알았다. 이 경우 강성의 증가로 인해 첫번째 모드가 높아졌음을 Fig.16과 같이 구조해석 결과를 통해 알수 있었다. 이를 실험적으로 검증하기 위하여 보강하기 전 TV set에 rib의 두께를 수정하여 모달 실험을 수행하였다. Fig.17,18은 개선 모델의 모달 실험 해석 결과이다.

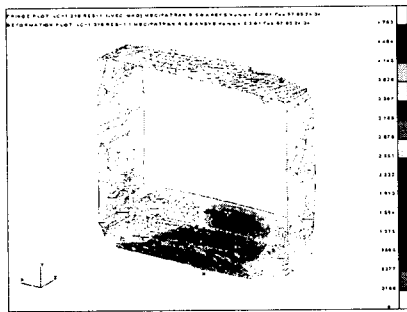


Fig.16 rib두께 보강에 의한 모드 형상(265.5Hz)

Mode# : 1 Frequency: 220.88Hz

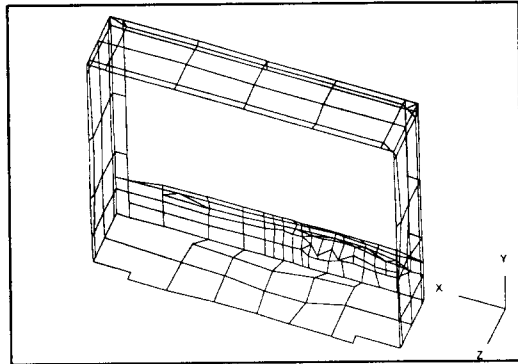


Fig. 17 개선 모델의 모드 형상(220.88Hz)

Mode# : 2 Frequency: 372.44Hz

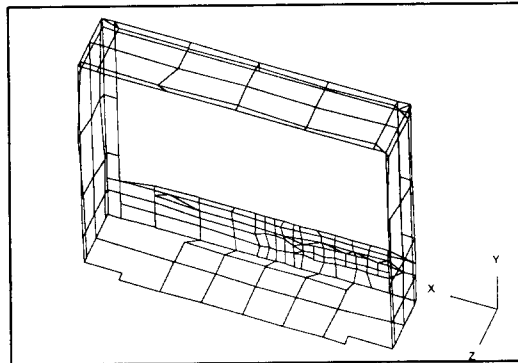


Fig. 18 개선 모델의 모드 형상(372.44Hz)

해석 결과에서 볼 수 있듯이 보강하기 전에 비해 첫번째 모드와 두번째 모드의 주파수가 높아졌음을 확인할 수 있다.

#### 3-2 음 진동 확인 실험

본 실험은 보강하기 전과 똑같은 방법을 이용하여 보강한 후에 역시, TV set전면에서 음압을 측정하여 그 결과를 비교하였다. Fig.19는 보강 모델의 구조해석 결과를 나타내고, Fig.20은 TV set전면에서 측정한 보강 전과 보강 후의 음압 비교 결과를 나타낸 그림이다.

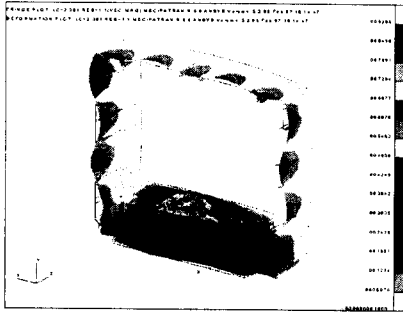


Fig.19 개선 모델의 조화 가진결과(216Hz)

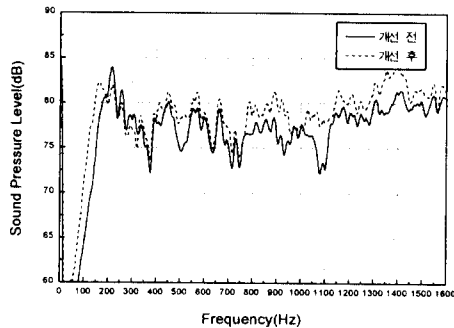


Fig.20 보강 전과 보강 후의 음압 비교

개선 모델의 조화 가진 결과(216Hz)에서 보강 전의 모델에 비해 변위 레벨이 적어 짐을 확인할 수 있었고 보강 전과 보강 후(216Hz)의 음압 비교에서도 역시 개선되었음을 알 수 있었다.

#### 4. 결론

음 진동 현상 규명 실험에서 스피커 음압에 의한 진동의 원인과 대책을 수립하고 그 결과를 적용하여 동일 모델을 수정하여 진동 감소 대책에 대한 타당성을 검증하였다. 구조물의 강성을 증가시켜 진동을 감소시키는 방법으로 바닥부분과 앞면 rib의 두께를 증가시킴으로써 진동이 현저히 감소하는 효과를 얻을 수 있었다.

구조물의 진동에 의해 TV set내부의 기관과 레일에서 음 진동이 중주파수대에서 아직 남아있으며, 앞으로 지속적인 연구개발이 필요하다.

#### 참고문헌

- (1) L. Cremer, M. Heckel, 1996, Structure Borne Sound, Berlin and Munich: Ch1
- (2) LMS Numerical Technologies, 1997, SYSNOISE Rev 5.3 Examples, Interfaces, Index, Computational Vibro-Acoustics, Vol.3, pp963-980
- (3) R. D. Ciskowski, C. A. Brebbia, 1991, Boundary Element Method in Acoustics, Computational Mechanics Publications: Ch2
- (4) A. D. Pierce, 1989, Acoustics, Acoustical Society of America, pp140-143
- (5) C. M. Harris, 1997, Shock and Vibration handbook, McGraw-Hill, Inc., pp21.1-21.26