

# 슬림타입 외장형 ODD 내부의 유동 안정을 통한 소음저감에 관한 연구

## A Study on the Noise Reduction through the Control of Internal Flow for a Slim Type External ODD

이우진<sup>†</sup>, 서준호\*, 임윤철\*\*

Woo Jin Lee, Jun Ho Seo and Yoon Chul Rhim

(2012년 9월 18일 접수; 2012년 9월 23일 심사완료; 2012년 9월 25일 게재확정)

### Abstract

The demand for the laptop computer has been increased day by day and most of users ask quiet computer and devices to work in comfortable environment. One of the devices which generate acoustic noise is an external ODD. Unlike the internal ODD, the external ODD is easy to emit noise because it runs outside of the computer and also it is packed with a thin plastic covers. As the disk rotates, vortex flow is generated inside of the cavity due to various and complicated mold parts of the cover. In addition, there is a gap between the disk tray and the upper/lower cases, through which the air flows as well as the noise leaks.

In this study, we have proposed how to reduce the acoustic noise of an external ODD using numerical and experimental analysis. The pressure fluctuations and turbulent kinetic energy distributions are calculated for the developed model. The results show that the sound pressure level is reduced by 2.3dB through simple modifications of ribs of the top cover, which remove or suppress flow instabilities inside of the cavity.

**Key Words :** external ODD(외장형 광학식 정보기록장치), sound-pressure-level( SPL : 음압 레벨), noise reduction(소음 저감), flow field analysis(유동장 해석)

### 1. 서론

일반적으로 데스크 탑 컴퓨터에 많이 사용되고 있는 광학식 정보기록장치 (optical disk drive: ODD)와는 달리 노트북 컴퓨터에서 사용되는 슬림형 ODD는 크기의 제한을 많이 받아 내부 공간이 협소하다. 따라서 디스크가 회전할 때 상대적으로 유동의 영향을 많이 받으며 특히, 디스크의 회전속도가 증가할수록 내부 형상이 유동에 간섭을 일으켜 소음 발생에 큰 요인이 되는 것으로 알려져 있다. [1]

외장형 슬림 드라이브는 휴대용 기기에 장착되

기 때문에 사용자와 가까운 위치에서 작동되고, 그 소음이 사용자에게 스트레스를 줄 수 있는 음역대로 반복되기 때문에 드라이브의 다른 성능 향상 못지않게 소음 저감은 필수적이라고 볼 수 있다. [2]

이러한 소음은 구조적 진동에 의한 영향도 있으나 디스크의 회전에 따른 공기 흐름이 슈라우드(shroud)나 리브(rib), 혹은 공동(cavity)과 같은 드라이브 내부 구조와의 간섭에 의한 결과로 발생하는 것이기 때문에 공기역학적 소음과 매우 밀접한 관계가 있다.[3]

본 연구에서는 외장형 슬림 ODD를 대상으로 공동 내부의 유동장 해석을 수행하였고 압력 변동량이나 난류강도를 근거로 유동 안정화를 위한 구조변경을 시도하였다. 기존의 구조를 크게 변경하지 않는 범위에서 음압(sound pressure level)을 측정하면서 수치해석 결과를 반영하여

<sup>†</sup> Department of Mechanical Engineering, Yonsei Univ.

E-mail : rhimyc@yonsei.ac.kr

TEL : (02)2123-2820

\* Department of Mechanical Engineering, Yonsei Univ.

소음이 가장 크게 감소되는 형상을 제시하였다.

## 2. 소음 원인 분석

### 2.1 소음 발생 요소

외장형 ODD의 내부 유동으로 인한 소음 발생 요소는 크게 두 가지로 볼 수 있다. 하나는 공동의 내부형상에 의한 유동의 불안정에 기인한 소음이고 다른 하나는 디스크를 운반하는 트레이(tray)와 상하부 덮개(cover) 사이의 공차에 의한 틈새로 흐르는 누설 유동에 따른 소음이다. ODD는 원형 디스크를 회전시키며 데이터를 입/출력하는 시스템이기 때문에 원형 슈라우드 형상이 유동 안정에 가장 이상적이다. 그러나 실제 ODD에서는 디스크의 출/입, 광 픽업의 반지름 방향으로의 운동을 위한 창, 플라스틱 덮개의 강성 유지를 위한 리브 등 불규칙적인 형상으로 인해 와류가 발생하고 난류 및 압력 변동 등이 발생하는데, 이는 외장형 ODD 소음 발생의 직접적인 원인이 된다. 이를 해결하기 위해서는 와류나 난류와 같은 유동의 불안정을 발생시키는 리브의 위치, 공동의 내부 형상 등을 유동장 해석을 수행하여 파악하고 이의 완화를 위한 형상 및 위치 변경에 대한 검토를 진행하였다. 또 다른 소음 발생 요소인 트레이와 상/하부 덮개 사이의 틈새 누설은 공동 내부에 유동의 방향을 제어할 수 있는 가이드 핀을 설치하여 디스크 회전에 따른 유동이 직접적으로 틈새로 향하지 못하도록 하여 누설량 자체를 감소시키는 방향으로 접근하였다. 누설로 인한 소음 발생은 덮개 내/외부에 반복적인 압력 변동이 원인이므로 유동 경로 변경에 따른 누설 유량 감소는 효과적인 소음 저감 대책이 될 수 있다.

### 2.2 기초 실험적 연구

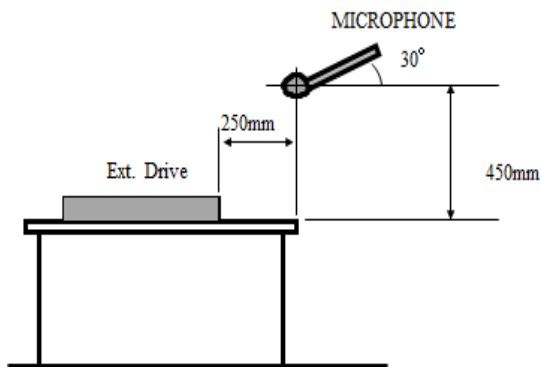


Fig. 1 Measurement method (ISO 7779)

Table 1 Measurement conditions

Test Condition	Bare drive on wire jig and wood plate
Media	Normal Disk
Background Noise	22.3dBA (Test PC ON)
Mic position	25X45cm
Test Program	T3
Test Method	Max. D.T.R

예비 모델을 대상으로 음향 소음 테스트를 진행하였다. Figure 1과 Table1은 실험 환경을 보여주고 있고, 다섯 종류의 모델에 대한 SPL을 측정하였으며 이를 바탕으로 예비 모델에 대한 수치해석을 CAD 모델을 이용하여 mesh를 생성하고 진행하였다.

Figure 2를 보면 리브가 위치하는 부분(빨간 점선)에서 압력 집중이 나타난다. 디스크의 회전에 따라 트레이와 상부 덮개 사이의 간극을 통한 누설 유동이 발생함에 따라 소음에 취약함을 확인할 수 있다.

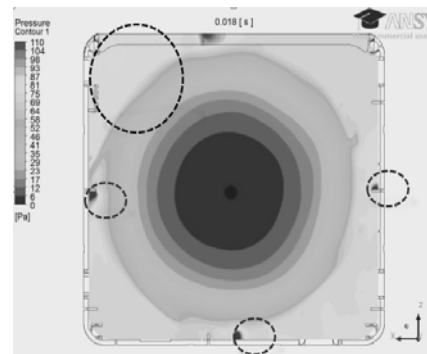


Fig. 2 Numerical Analysis of Original model

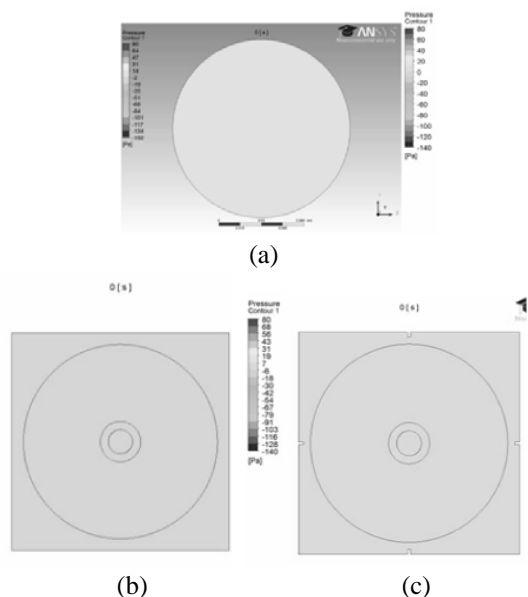
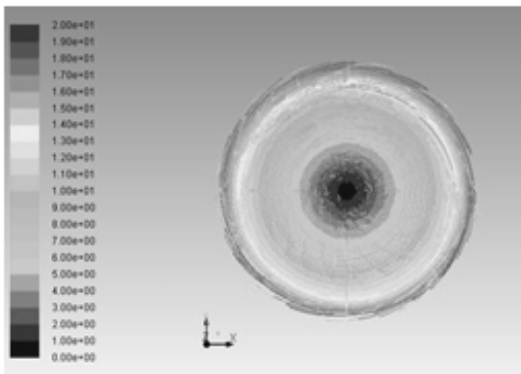


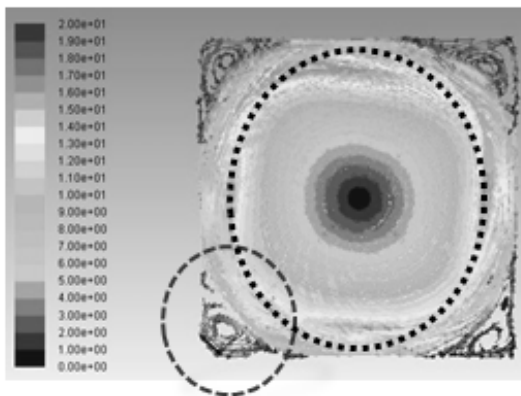
Fig. 3 Simple model. (a) Circular shape. (b) Rectangular shape. (c) Rectangular shape + rib

이를 바탕으로 모델링 단순화를 통해 내부 유동을 평가하였다. 각각의 형상(원형 모델, 사각 모델, 사각 모델 + 리브)별 압력 변동, 속도 벡터 장, 난류 강도의 2 차원 그림을 통하여 유동 안정성을 Fig. 3 에서 비교하였다.

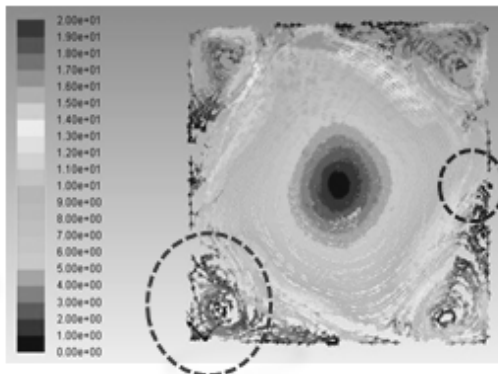
Figure 4 의 사각 모델을 보면 코너에서 와류(vortex)가 생성되며 디스크의 회전 속도가 일정하지 않다. 그리고 사각 모델에 리브를 추가한 결과를 보면 와류 발생 영역이 증가하고 리브에 의한 유동 불안정이 증가함을 보여준다.



(a)

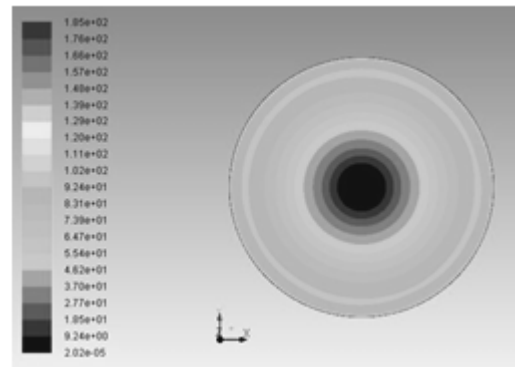


(b)

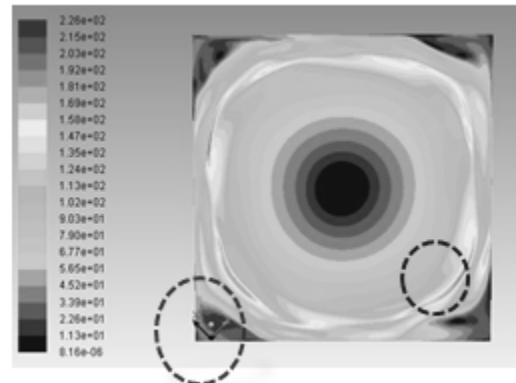


(c)

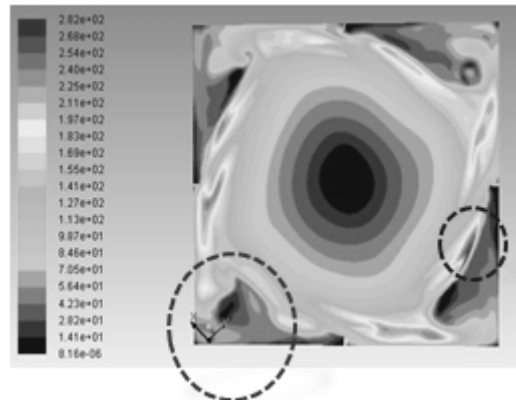
**Fig. 4** Velocity vector plot. (a) Circular shape. (b) Rectangular shape. (c) Rectangular shape + rib.



(a)



(b)



(c)

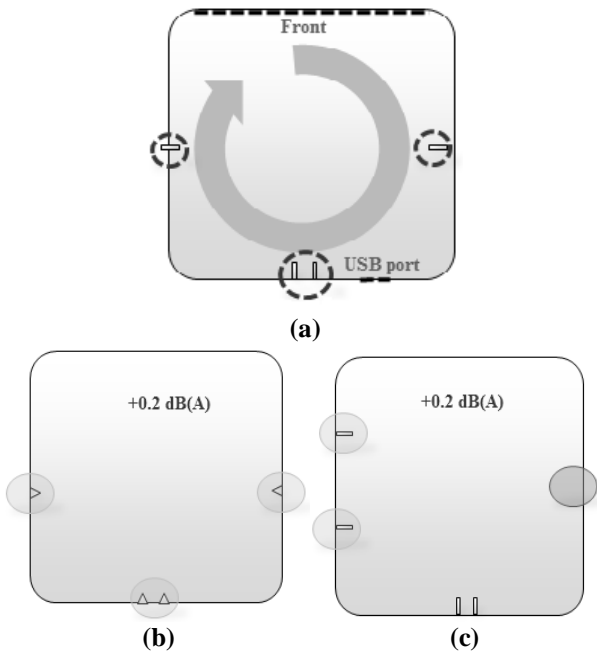
**Fig. 5** Turbulent intensity (a) Circular shape. (b) Rectangular shape. (c) Rectangular shape + shape.

Figure 5 의 사각 모델은 Fig. 4 와 비슷한 경향을 보인다. 코너에서 와류가 생성되고 디스크가 회전할 때 불규칙적이고 높은 강도의 난류가 발생함을 보여준다.

사각 모델+리브의 경우를 보면 리브를 지난 유동에서 강도 높은 난류가 발생하는 것을 볼 수 있다.

### 3. Sound Pressure Level 측정

### 3.1 Top Cabinet



**Fig. 6** Acoustic level test – Top cabinet. (a) Original top cover (b) Change of rib shape (c) Ribs are added and translated on the left side

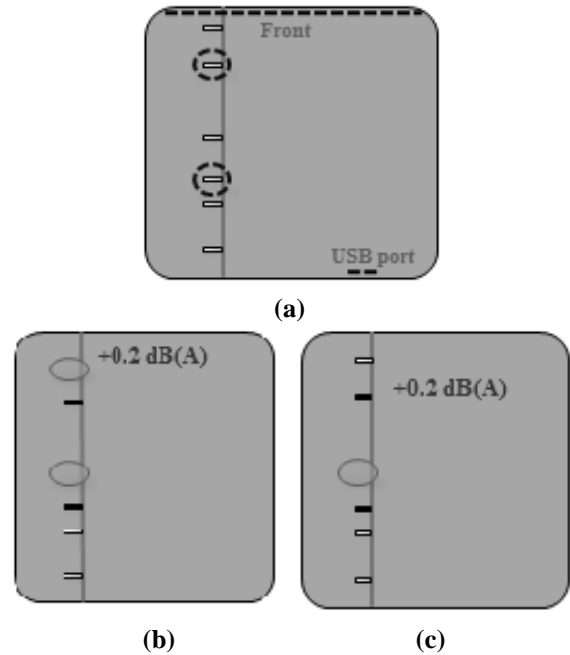
Figure 6 는 기존 모델의 리브를 제거, 변경 및 위치를 이동하는 것이 소음에 미치는 영향을 평가한 결과를 보여준다. Top cabinet 에 위치한 리브에 대해 모든 경우에 대한 소음 테스트를 진행하였다. Top cabinet 의 리브는 불안정한 내부 유동을 만들며, 이로 인해 소음 증가의 원인으로 판단된다. 우측 리브에 의한 불안정 유동은 트레이 오른쪽 부분의 구멍을 통과하여 트레이 하부로 이동되며 에너지가 소산되므로 소음에 큰 영향을 주지는 않는 것으로 판단된다.

소음 증가의 원인이 되는 상부 커버의 리브는 좌측과 후면부의 리브이며 이들을 제거할 경우 최대 1.8dB(A)의 소음 저감 효과를 가져온다.

### 3.2 Bottom Cabinet

Figure 7 은 기존 리브의 제거, 변형 및 위치 이동이 소음에 미치는 영향을 평가하였다. 상/하부 덮개의 강성 유지에 필수적인 리브(검정 점선)는 제거하지 않았다.

Top cabinet 의 경우와 마찬가지로 모든 경우에 대한 소음 테스트를 진행하였다. 소음 테스트 결과 bottom cabinet 에 위치한 리브는 회전 속도가 빠르지 않은 위치에 배치되어 있고 또한 디스크 하부에 위치하고 있어서 소음에 미치는 영향은 미



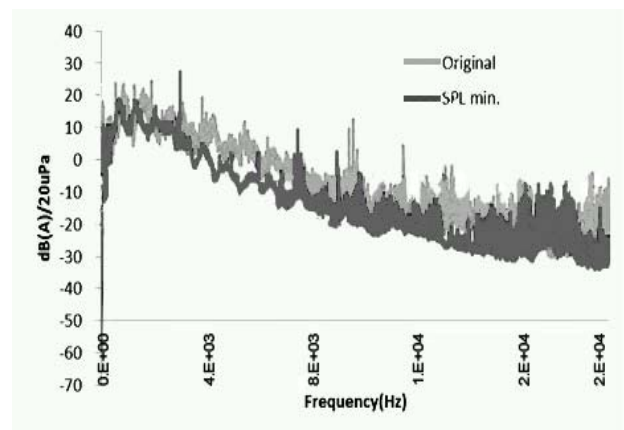
**Fig. 7** Acoustic level test – Bottom cabinet. (a) Original bottom-cover. (b) 1<sup>st</sup> and 4<sup>th</sup> rib removed (c) 3<sup>rd</sup> rib removed

미한 것으로 판단된다.

### 3.3 소음 개선 모델

위의 결과들을 조합하여 최소 음압이 발생하는 모델을 도출 하였다. Top cabinet 은 리브를 이동시키고 크기를 변경해서 누설 유동의 저감 효과를 가져왔다. Bottom cabinet 의 경우는 유동의 경로를 수정해주기 위해 리브를 제거하고 스포일러를 설계하여 마찬가지로 유동안정화를 구현했다

이런 최소한의 구조변경을 통해 측정된 음압 레벨은 최대 2.3dB(A)의 소음 저감 효과가 있었다.



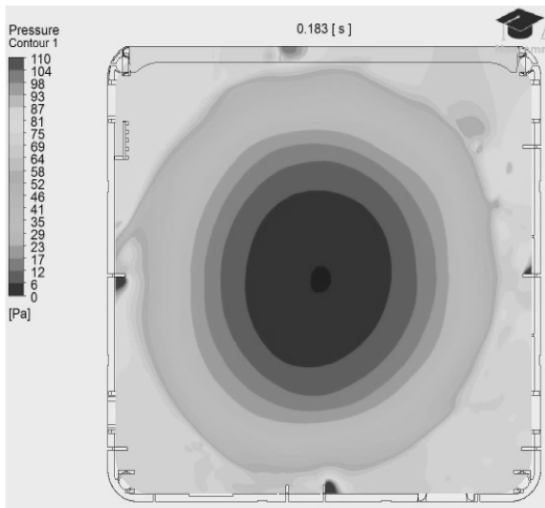
**Fig. 8** FFT results of sound pressure level signal

FFT 그래프를 통하여 본래 모델 값(Original)과 소음 개선 후의 모델 값(SPL min)을 비교하였을 때 전체적인 주파수 대역에서 음압 레벨이 저감되었음을 알 수 있었다.

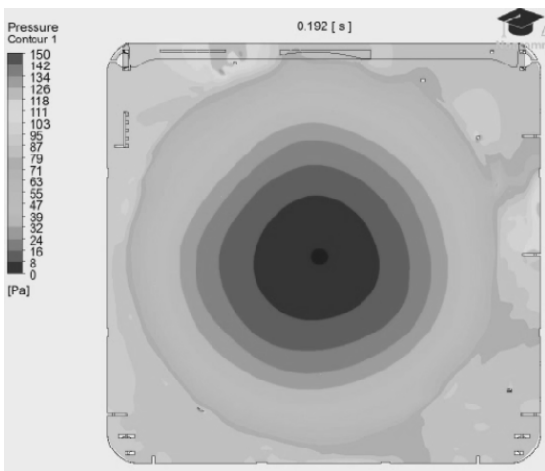
### 3.4 Original model vs. Min. SPL Model

또한, 시간에 따른 압력 변화를 정량적으로 파악하기 위해 Figure 10 처럼 총 169 개의 지점에서 압력 데이터를 받아  $E_{rms}$ (root mean square of error)값을 비교했다. 또한, 음압 레벨 계산식을 이용하여 실제 음압 레벨 감소량과 비교해 보았을 때 본래 모델 대비 총 감소한 음압은 약 24%라는 것을 알 수 있었다.

$$dB = 20 \log_{10} \left( \frac{Pa}{10^{-6}} \right)$$



(a)



(b)

Fig. 9 Pressure fluctuation - Original model vs. Min. SPL Model

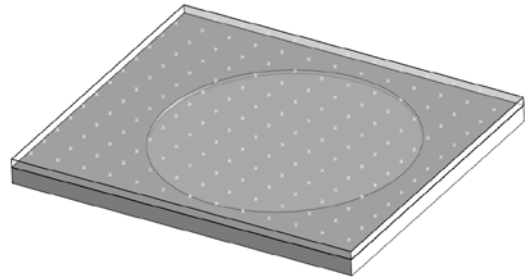
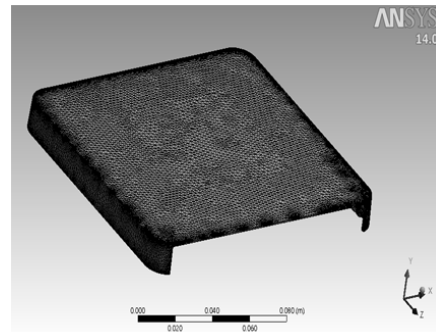


Fig. 10 169 points of Min. SPL model

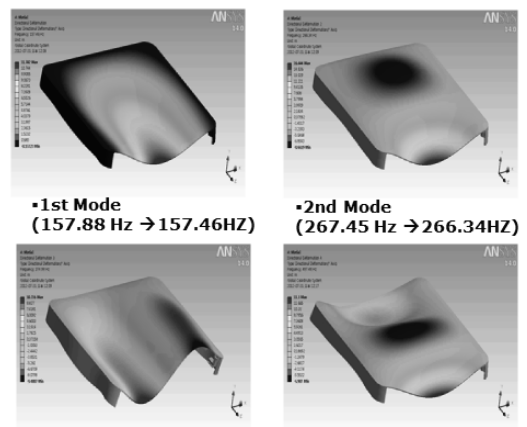
## 4. 최대 소음 저감 모델의 구조적 특성 평가

### 4.1 Modal analysis

상부 덮개의 기존 리브 제거에 따른 고유 진동수 변화를 확인하기 위해 시뮬레이션을 이용한 모달 해석(modal analysis)을 실제 조립된 상태와 같은 고정 조건을 사용하여 진행하였다. 이때 Figure 11 처럼 상부 덮개의 리브를 제거하더라도 고유 진동수에 미치는 영향은 거의 없음을 확인하였다.



(a)



(b)

Fig. 11 (a) Top cover, (b) Modal analysis

## 5. 결 론

본 연구는 외장형 슬림 ODD의 소음 성능 개선을 위해 우선 기존 모델의 모터 제조사별 소음을 측정하고, 그리고 Max DTR 측정 결과 모터 차이에 의한 소음은 평균값 대비  $\pm 0.2\text{dB(A)}$ 로 나타났다. 리브에 의한 유동 불균형이 크게 발생하는 것으로 판단, 이것이 소음에 직접적인 영향을 주는 것으로 예상되었고, 실제로 리브 제거 시 소음 저감 효과를 얻을 수 있었다.

드라이브 앞 쪽에 리브를 설치했을 때에는 누설 유동에 의한 소음 저감 효과를 얻을 수 있었다. 최대 소음 저감 모델은 기존 대비  $-2.3\text{dB(A)}$ 의 소음 저감을 얻을 수 있었으며 수치적으로는 24%의 음압(sound pressure)이 저감되었음을 알 수 있었다.

## 후 기

본 연구는 (주)Hitachi-LG Data Storage, Inc의 지원을 받아 이루어졌으며, 이에 관계자 여러분께 감사 드립니다.

## 참고문헌

- [1] Tae-Man Yang, 2008, "A study for reduction of Aerodynamic Noise of a High-Speed Slim-Type Optical Disk Drive", Dept. of Mechanical Engineering The Graduate School Yonsei University
- [2] Seung-Hyun Han, 2009, "Noise Level Reduction of a Slim-type ODD using the Idea of a Helmholtz Resonator", Dept. of Mechanical Engineering The Graduate School Yonsei University
- [3] W. De Roeck, W. Desmet, M. Baelmans, P. Sas, 2004, "On the prediction of near-field cavity flow noise using different CAA techniques", K.U.Leuven, Department of Mechanical Engineering Celestijnenlaan 300 B, B-3001, Leuven, Belgium
- [4] Byeong G. Moon, Sung W. Cha, Byoung H. Lee, 2005, "The Study on ODD Acoustic Noise Reduction by Using Micro Muffler", The Society of Information Storage Systems'06, Vol.2(1), p50
- [5] Dong-Hyun Kim, Se-Won Oh, Yu-Sung Kim, 2005, "A Study on the Characteristic of Driving Sound Noise for Various Optical Disk Drives", Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, 2005, Vol.15(10), pp.1169-1176