

# 단순 지지된 사각평판의 유동유기 진동해석

## Flow-Induced Vibration of Simply Supported Rectangular Plate

허소정\* · 홍진숙† · 임희창\*\* · 정의봉\*\*

So Jung Heo, Chinsuk Hong, Hee Chang Lim and Weui Bong Jeong

### 1. 서 론

물체 주위를 흐르는 유동은 점성의 영향으로 난류 경계층을 형성한다. 이 난류 경계층 내 유체의 복잡한 거동으로 인한 벽면 변동 압력은 물체의 표면에 가진력으로 작용하여 진동을 발생시킨다.

난류 경계층 내 벽면 변동 압력은 난류 경계층이 발생한 구조물 표면에 시·공간적으로 랜덤한 분포 하중의 형태로 작용한다. 또한 임의의 위치에서의 변동 압력은 인접 위치의 변동 압력과 상호 상관관계를 가진다. 이러한 공간상의 상호 상관관계를 가지는 특성을 적용한 Corcos 모델이 유동에 의한 진동 응답을 구하는데 많이 사용되었다. 하지만 Corcos 모델의 경우 무한한 평판과 같이 단순한 모델에만 적용할 수 있으므로 복잡한 형상에 대한 응답을 구하기 위해서는 유동해석으로 응답을 구할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 유동해석으로 구한 주요 값을 Corcos 모델에 적용하여 응답을 구하고자 한다.

### 2. 난류 경계층 벽면 변동 압력 모델링

#### 2.1 Corcos model

Corcos 모델은 식(1)과 같이 벽면 변동 압력의 상호 스펙트럴 밀도 함수를 표현하고 있다.

$$C_{pq}(\gamma_x, \gamma_y; \omega) = C_{pp}(\omega) e^{-\alpha|\omega\gamma_x/U_c|} e^{-\beta|\omega\gamma_y/U_c|} e^{-j(\omega\gamma_z/U_c)} \quad (1)$$

† 교신저자; 울산과학기술대학교 디지털기계학부  
E-mail : cshong@uc.ac.kr  
Tel : (052)279-3134, Fax : (052)279-3137  
\* 부산대학교 대학원 기계공학부  
\*\* 부산대학교 기계공학부

여기서  $C_{pp}$ 는 자기 파워 스펙트럴 밀도 함수로 일반적으로 전 주파수에서 1로 가정한다.  $U_c$ 는 경계층 내 에디(eddy)의 대류 속도이다. 계수  $\alpha$ 와  $\beta$ 는 측정 등에 의하여 결정하는 값으로 일반적으로 0.1과 0.7의 값을 가진다. 따라서 본 논문에서는 실험이나 문헌을 통해 값을 정하는  $C_{pp}$ 와  $\alpha, \beta$ 를 유동해석으로 구하고자 한다.

#### 2.2 LES 난류 모델링

공기에 대해 LES Smagorinsky 모델을 사용하여 난류 모델링을 하였다. 해석 모델의 크기는 유동방향( $x$ ), 폭방향( $y$ ), 수직방향( $z$ )으로  $2.5 \times 0.4 \times 0.5 m^3$ 이며 격자 크기는  $500 \times 50 \times 30$ ,  $CFL < 1$ 이다. 유동방향과 폭방향 모두 periodic경계조건을 사용하였으며, Fig. 1의 (a)와 (b)를 통해 난류 경계층이 잘 발달한 것을 알 수 있다.

Fig. 2의 (a), (b)는 유동방향으로 0.04m, 폭 방향으로 0.05m 간격으로 얻은 압력 데이터로 각 방향의 첫 번째 지점에서 떨어진 거리에 따라 3개 지점에서의 coherence를 구한 결과이다. 각 값들의 첫 번째 가장 큰 값을 지수함수로 그린 결과  $\alpha$ 와  $\beta$  값이 0.09, 0.6으로 문헌 값과 비슷한 값을 가지는 것을 알 수 있다. 여기서 두 번째 큰 값들이 상대적으로 큰 이유는 periodic경계조건 때문으로 판단된다.

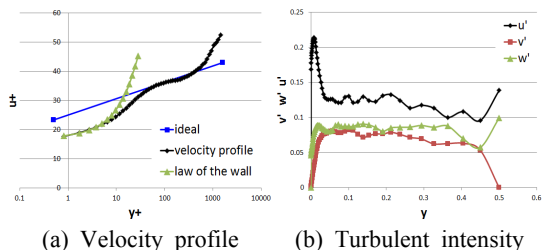


Fig. 1 Turbulent result by using CFD

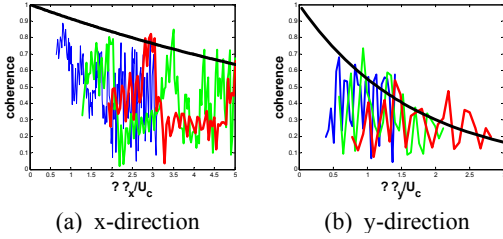


Fig. 2 Coherence and exponential fitting

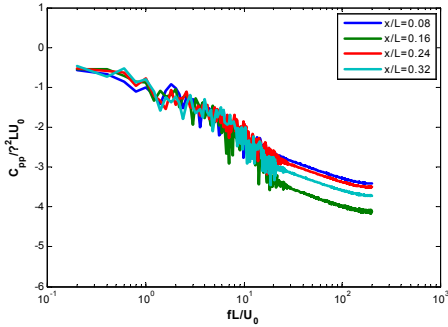


Fig. 3 Wall pressure spectral densities at different positions

Fig. 3은 유동방향으로 일정한 간격으로 떨어져 있는 데이터의 스펙트럼을 무차원한 그림이다. 각 지점별 값이 비슷한 것을 알 수 있다. 또한 난류 스펙트럼에서 에너지 생성의 역할을 맡고 있는 저주파수 유동영역에서 에너지 소산이 일어나는 고주파수 영역으로 점성저층에서의 에너지전달이 감소하는 결과를 잘 나타내고 있는 것을 알 수 있다.

### 3. 해석결과

2.2절에서 구한  $C_{pp}(\omega)$ 와  $\alpha$ ,  $\beta$ 값을 Corcos 모델에 적용하여 Table 1과 같은 물성치를 가지는 네면이 단순 지지된 사각평판에 대해 해석해보았다. 관심 주파수 대역은 0 ~ 500 Hz이며 유체의 대류 속도는 2.5 m/s이다.

Fig. 4는 2.2절에서 구한  $C_{pp}(\omega)$ ,  $\alpha = 0.09$ ,  $\beta = 0.6$ 으로 구한 평판의 중앙지점에서의 파워 스펙트럴 밀도 함수이다. 응답의 피크가 평판의 이론 고유진동수를 볼 수 있으며, 저주파수에서는 자기 파워 스펙트럴 밀도 함수의 영향으로 응답신호의 진폭이 흔들리는 것을 관찰할 수 있다.

Table 1 Mechanical properties and geometric data

Parameters	Symbol	Values
Size	$L_x \times L_y \times t$	$1 \times 1 \times 0.003 m^3$
Density	$\rho$	$2650 kg/m^3$
Young's modulus	$E$	$71 GPa$
Poisson ratio	$\nu$	0.3

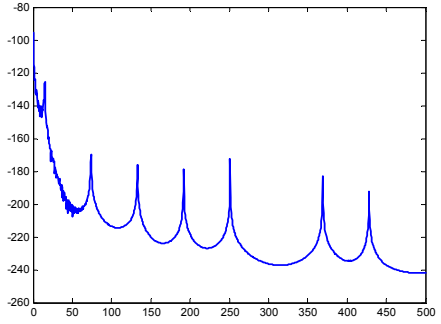


Fig. 4 Displacement power spectral density function at  $x = 0.5 m$ ,  $y = 0.5 m$

### 4. 결론

Corcos 모델은 시·공간적으로 랜덤하며 공간상의 상호 상관관계를 가지는 난류 경계층 내 벽면 변동 압력의 특성을 수학적으로 수식화한 모델이다. 본 논문에서는 유동해석으로 구한  $C_{pp}(\omega)$ 와  $\alpha$ ,  $\beta$ 값을 적용한 Corcos 모델을 이용하여 네 면이 단순 지지된 사각평판에 대해 해석하였다. 유체의 속도가 2.5 m/s, 최대 관심주파수가 500 Hz일 때의 응답을 구해보았으며, 응답의 피크가 평판의 고유진동수에서 뜨는 것을 알 수 있었다. 또한,  $\alpha$ ,  $\beta$ 값이 0.09, 0.6으로 문헌 값과 큰 차이가 없는 것을 알 수 있었다. 따라서 유동해석을 통해 난류에 의한 구조물의 응답을 구하는데 문제가 없음을 알 수 있었다. 향후 이를 이용하여 Corcos 모델로 얻은 응답과 FSI로 구한 응답을 비교하고자 한다.

### 후 기

본 연구는 한국표준과학연구원 연합협동과제로 수행되었습니다.