

# 유한요소법을 이용한 유체와 연성된 다공 평판의 해석

## Analysis of Perforated Rectangular Plate Coupled with Fluid Using FEM

최영인\* · 임승호\* · 박영필\* · 박노철\* · 박경수†

Young-In Choi, Seungho Lim, Young-Pil Park, No-Cheol Park, Kyoung-Su Park,

### 1. 서론

구조물이 유체와 접하고 있을 경우 부가질량효과와 같은 유체-구조 상호작용으로 인해 공기중과는 다른 동적 거동을 보인다. 일반적으로 다공 평판과 같은 구조물의 경우 이를 지나는 유동 분포를 고르게 해주는 역할을 한다. 이러한 구조물은 원자로 내부의 냉각재의 유동을 고르게 하고 선박내부에서 해수의 움직임 조절해 주는 역할을 한다. 따라서 다공 평판의 정확한 동특성 예측은 구조물의 동적 건전성 확인을 위해 중요하며 이를 위해서 유체와 다공 평판의 연성으로 인한 동특성의 변화를 정확히 파악하는 것이 필요하다.

본 논문에서는 옆면과 밑면이 고정된 용기 내에 존재하는 다공평판의 한 변을 고정하고 유한요소 해석을 수행하였다. 유체와 연성된 다공 평판의 경우 유체-구조 상호작용과 그 내부 구멍으로 인한 효과를 고려해야 되기 때문에 모델 확보가 어렵고 해석 시간이 길다. 이런 경우 등가물성치(equivalent material property)를 사용해 공기 중에서 구멍이 없는 평판의 해석함으로써 유체와 연성된 다공 평판을 간접적으로 해석한다. 본 논문에서는 공기 중 구멍이 없는 평판과 유체와 연성된 다공 평판 사이의 등가물성치를 추출하였다. 그리고 추출한 등가물성치를 사용하여 공기 중 구멍이 없는 평판을 해석한 후 그 결과를 수중 다공 평판의 해석결과와 비교하여 등가물성치를 사용한 해석의 타당성을 검증하였다.

### 2. 해석 모델

#### 2.1 유한요소 모델링

구조물의 동특성을 규명하기 위해서는 다양한 방

법이 행해지는데 본 연구에서는 유한요소법(FEM)을 이용하여 구조물에 대한 수치해석을 수행하였다. 수치 해석에는 상용 유한요소 해석 프로그램인 ANSYS 를 사용하였으며 해석의 유연성을 위해 APDL(ANSYS Parametric Design Language)을 활용하였다

Fig. 1 은 다공 평판과 이를 둘러싼 유체 영역에 대한 기하 형상을 나타낸다. 다공 평판은 알루미늄으로 만들었으며 유체 영역은 물로 이루어져 있다. Fig. 2 와 같이 다공 평판은 SOLID45 요소를 사용하였으며 그를 둘러싼 유체영역은 FLUID30 요소를 사용하여 나타내었다. FLUID30 요소의 경우 유체와 구조물 사이 접촉부분에 대한 구조적 거동과 유체 압력의 연성이 가능하다. 이를 이용하여 판과 유체가 접촉하는 부분에 대해 유체-구조 상호작용 효과를 적용하였다.

#### 2.2 등가물성치를 통한 해석

등가물성치의 경우 구멍크기와 그 사이 피치(pitch)간의 비율(ligament efficiency)에 따라 변화하게 된다. 본 논문에서는 특정 리가먼트 비율을 가진 다공 평판을 사용하였다. 등가 물성치의 경우 Fig. 3 과 같은 과정으로 추출하게 되는데 우선

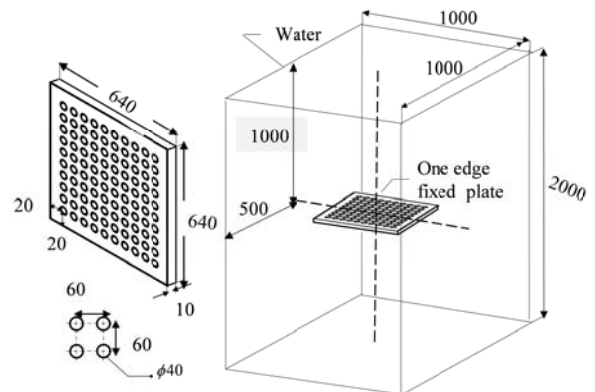


Fig. 1 Perforated rectangular plate and surrounded water (unit: mm)

† 박경수; 연세대학교 기계공학과  
E-mail : pks6348@yonsei.ac.kr  
Tel : (02) 2123-4677, Fax : (02) 365-8460  
\* 연세대학교 기계공학과

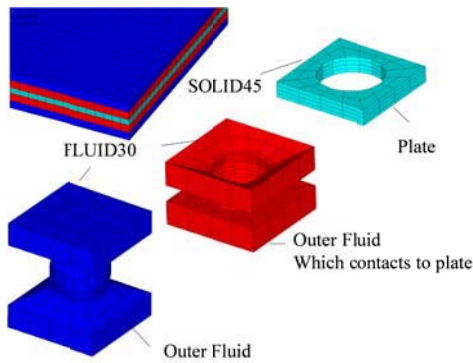


Fig. 2 Fluid and structure element in FE model

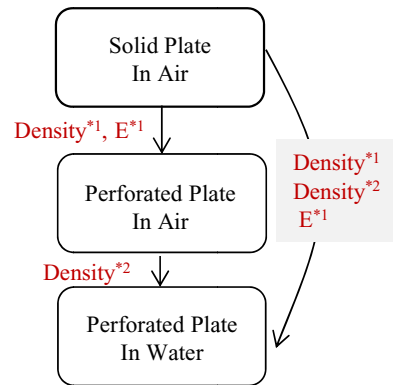


Fig. 3 Flow chart for extracting equivalent material property

Table 1 Natural frequency (unit: Hz)

Mode	Extract Equivalent Material Property				Result (Original)		Result (Half Size)		
	in Air		in Air		in Air	in Water	in Air	in Water	
	(Solid)		(Perforated)		(solid)	(Perforated)	(solid)	(Perforated)	
	Original	$\rho^{*1} = 0.693$	499	Original	Original	$\rho^{*1}, \rho^{*2}, E^{*1}$	Original	$\rho^{*1}, \rho^{*2}, E^{*1}$	Original
1	41.6	50	35.2	35.4	25	25.7	25	51.3	50.8
2	101.1	121.4	85.6	85.9	62.5	62.3	62.5	124.6	127
3	254.1	305.3	215.3	220.1	158.7	156.7	158.7	313.4	321

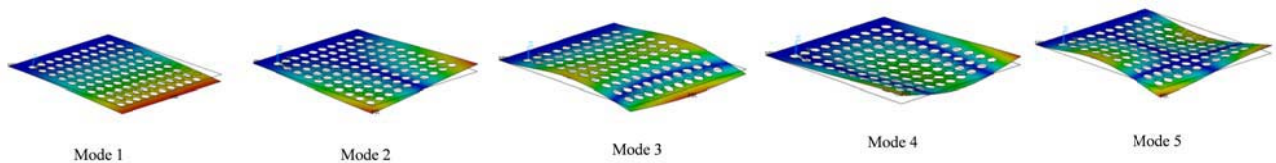


Fig. 5 Mode shape of perforated rectangular plate

공기 중 구멍이 없는 평판과 다공 평판에 대해 해석을 한다. 이 경우 구멍으로 인한 전체 질량 변화가 있기 때문에 이를 밀도를 보정하여 전체 질량을 같게 해 준다. 그리고 탄성계수(elastic modulus)보정을 통해 전체 고유진동수를 같게 맞춰 준다. 다음으로 공기 중 다공 평판과 수중 다공 평판에 대해 해석을 한다. 구조물이 유체와 접할 경우 부가 질량 효과가 발생하기 때문에 이를 밀도의 보정을 통해 고유진동수를 맞춰 준다. 마지막으로 위의 두 단계에서 구한 밀도와 탄성계수의 등가물성치를 공기 중 구멍이 없는 평판에 대입하여 해석을 행한다.

### 3. 해석 결과 및 고찰

Fig. 5는 해석을 통해 얻은 모드 형상을 나타낸다. 더불어 Table 1은 각 모드에 대한 고유진동수를 나

타내며 실제 모델과 등가물성치를 사용한 모델의 고유진동수를 나타낸다. 그리고 등가물성치를 사용한 공기 중 구멍이 없는 평판과 수중 다공 평판에 대한 해석 결과를 비교한 결과가 거의 일치함을 확인할 수 있었다. 마지막으로 같은 리가먼트 비율을 가지고 전체적인 크기를 반으로 줄인 모델에 대한 해석을 통해 같은 비율의 구조물에 대한 적용가능성을 확인하였다.

### 참고 문헌

- (1) 안병기, 정경훈, 이성철, 1999, "4 변이 고정된 직사각형 다공 평판의 점수진동" 추계한국정밀공학회 논문집, pp.763-766.
- (2) 유계형, 정경훈, 이성철, 2002, "유체로 연성되고 두께가 상이한 두 직사각 평판의 실험적 모드 해석". Vol.26, No.12, pp.2541~2549