

# Plus 7 중간지지격자의 동특성 해석 및 실험

## Dynamic Characteristics Analysis and Testing of a Plus 7 Middle Spacer Grid

류봉조† · 나현주\* · 하경록\*\*, 박남규\*\*\*, 전경락\*\*\*

B. J. Ryu, H. J. Na, K. R. Ha, N. G. Park and K. L. Jeon

### 1. 서 론

핵 연료봉이나 지지격자에 관한 직접적인 연구는 초기에는 주로 일반적 파이프 구조물의 동적안정성과 진동문제에 관한 연구가 주로 이루어져 왔다. 이와 병행하여 지지격자의 성능을 향상시키기 위한 연구도 이루어져 왔다. 송기남 등은 H-형상 지지격자 및 공리적 설계를 이용한 지지격자를 설계하였고, 최근 류봉조 등은 중간지지격자의 동특성 해석에 대해 연구하였다. 본 논문에서는 Plus 7 중간지지격자의 동특성 해석과 시험을 통해, 중간 지지격자에 대한 해석의 타당성을 검토하는데 있다.

### 2. 본 론

#### 2.1 중간 지지격자 해석 모델

Table 1 Material properties

Materials	Zirconium
Elastic modulus	90 (Gpa)
Density	6,600 (kg/m <sup>3</sup> )
Poisson's ratio	0.34

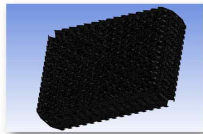


Fig.1 Analysis model

본 논문의 지지격자 해석모델은 Fig. 1에 나타나 있고, 동특성을 얻기 위해 상용 ANSYS Package로 시뮬레이션을 행하였다. 재료의 물성치는 Table 1에, 모드 형상은 Fig. 2에 나타난 바와 같다.

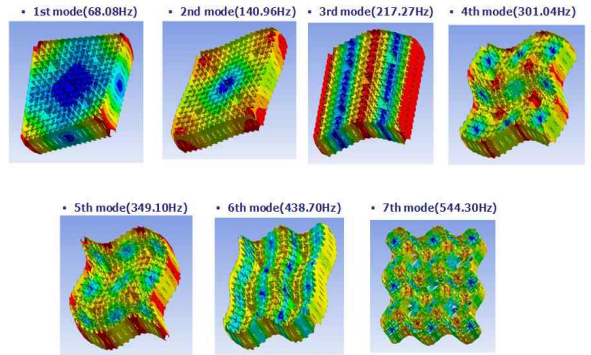


Fig. 2 Mode shapes for a middle spacer grid.

#### 2.2 중간 지지격자 모달시험

Fig. 3은 실험장치 개략도를 보여주며, 고유진동수를 얻기 위해, 3축 방향(x-y-z)으로 충격해머로 타격하였으며, 응답은 가속도계를 통해 신호분석기를 거쳐 컴퓨터로 전송되었다.

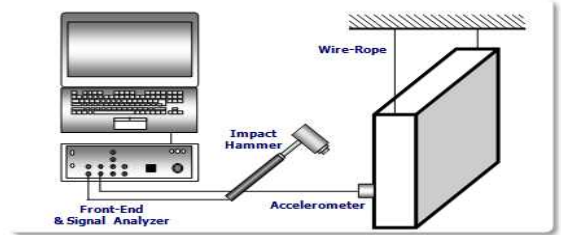


Fig. 3 Schematic diagram for a experimental system.

#### (1) 실험 격자의 설정

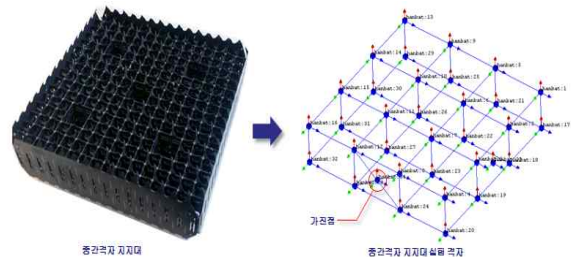


Fig. 4 An experimental grid establishment.

† 교신저자; 정회원, 한밭대학교 기계공학과  
E-mail : bjryu701@hanbat.ac.kr  
Tel : 042-821-1159, Fax :042-821-1587

\* 한밭대학교 기계설계공학과 대학원

\*\* 연세대학교 기계공학과 대학원

\*\*\* 한전원자력연료(주)

실험 모드를 얻기 위해 Fig. 4에 나타난 바와 같이 총 32개의 측정점을 설정하였으며,  $x-y-z$  방향에 있어,  $x$ 는 옆면인 가진점 방향이고,  $y$ 도 옆면으로  $x$ 와 직각인 방향,  $z$ 는 윗 방향을 나타낸다.

(2)주파수 응답함수

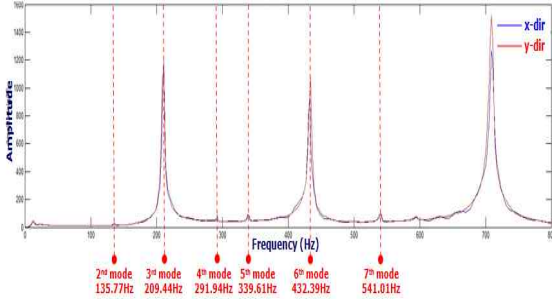


Fig. 5 Frequency response function for  $x-y$  direction.

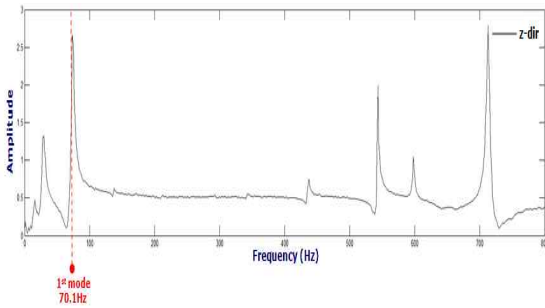


Fig. 6 Frequency response function for  $z$  direction.

Fig. 5는  $x-y$ 방향, Fig. 6은  $z$ 방향에 대한 주파수 응답함수이다.  $z$ 방향에 대한 첫 번째 굽힘모드에 해당하는 고유진동수는 70.1(Hz)이다.

(3)모달 신뢰기준(MAC)과 실험모드 형상

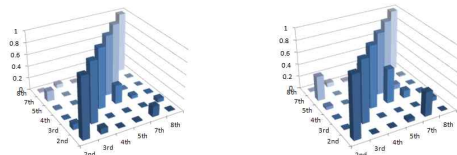


Fig. 7 MAC(x-direction) Fig.8 MAC(y-direction).

Fig. 7과 Fig. 8은 각각  $x$ 와  $y$ 방향에 대한 MAC의 그래프로서, MAC 추출결과 높은 대각항을 얻음으로써 시험의 신뢰성이 확보되었으며, Fig. 9는 실험으로부터 얻은 모드형상을 보여준다.

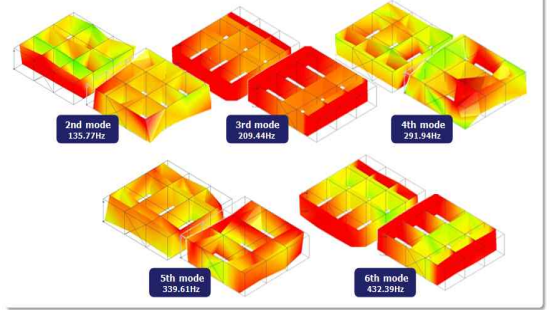


Fig. 9 Experimental mode shapes of a spacer grid.

3. 결과해석 및 고찰

고유진동수 해석 및 실험을 통해 Table 2와 같은 결과를 얻음으로써, 해석과 실험이 1차부터 7차모드까지 약 3.8%이내의 근소한 차이만을 보이고 있어, 해석 모델 설정이 비교적 잘 이루어졌다고 사료된다.

Table 2 Comparison experimental results with simulation ones for natural frequencies.

Mode	Experiment (Hz)			Simulation (Hz)	Error (%)
	$x$	$y$	$z$		
1	-	-	70.1	68.08	2.9
2	135.77	134.9	-	140.96	3.8
3	209.44	209.85	-	217.27	3.7
4	291.94	291.18	-	301.04	3.1
5	339.61	338.35	-	349.10	2.8
6	432.39	429.74	-	438.70	1.5
7	541.01	538.42	-	544.30	0.6

4. 결론

첫째, 형상 구조가 복잡한 원자로 핵 연료봉 중간 지지격자의 처음 1차부터 7차까지의 고유진동수 해석과 실험에 있어, 약 3.8%이내의 차이를 보임으로써, 해석결과의 타당성이 검증되었다. 둘째, 지지격자의 실험모드는 MAC 확인 결과 극소의 낮은 비대각항을 얻음으로써 실험 신뢰성이 검증되었다.

후 기

본 논문은 KNFC의 위탁연구 결과의 일부분이며, 재정적 지원을 아끼지 않으신 관계자 분들께 감사드립니다.