

# 내부구조의 변화가 Corrugated Plate의 안전성에 미치는 영향

\*김용<sup>1</sup>, 이성욱<sup>2</sup>, 한동섭<sup>3</sup>, 한근조<sup>4</sup>

<sup>1,2</sup>동아대학교 대학원 기계공학과, <sup>3</sup>동아대학교 BK21 총괄사업단, <sup>4</sup>동아대학교 기계공학과

## The Effect of a Stability of the Corrugated Plate according to the Change of a Inner Structure

\*Y. Kim<sup>1</sup>, S. W. Lee<sup>2</sup>, D. S. Han<sup>3</sup>, G. J. Han<sup>4</sup>

<sup>1,2</sup> Dept. of Mech. Eng., Graduate school, Dong-A Univ., <sup>3</sup> Institute of Brain Korea 21, Dong-A Univ.,

<sup>4</sup> Dept. of Mech. Eng., Dong-A Univ

Key words : Corrugated Plate, Inner Structure, Stiffness, Strength, FEM

### 1. 서론

적층 구조는 무게에 비해 강도나 강성이 매우 뛰어나기 때문에 각종 구조물이나 기계, 선박, 항공기, 우주선, 열차 등의 특수한 분야에 많이 사용되는데, 일반적으로 트러스 코어형의 샌드위치 구조가 널리 사용된다<sup>1)</sup>. 이러한 구조물은 우수한 방음성과 단열성을 가지고, 무게에 비해 월등한 강도가 가장 큰 장점이나, 제작 및 가공상의 어려움이 단점으로 지적된다.

보강구조물의 특징에 대해 Kim<sup>2)</sup>등은 보강 구조에서 다양한 형태의 방정식에 대해 연구를 하였고, 하니콤 구조에서 면에 평행한 방향의 하중에 대한 압축 특성에 대한 연구가 Zhu<sup>3)</sup>등에 의해 수행되었다. 또한, Mohan등은 복합재료 사각평판에 대하여 진동해석결과를 도출하였다. 하지만 판 구조 자체의 강화에 대한 연구와 내부 구조의 형태와 경계조건의 변화에 따른 전체 강성 및 강도의 증가에 관한 연구는 아직 되어지지 않았고, 셀 구조의 특성을 판 이론에 따라 구해야 되나 이런 방식은 매우 비효율적이고 복잡하다.

본 연구에서는 샌드위치형 구조물의 형태중의 하나인 Corrugated Plate에 대해 상판과 하판의 두께를 변화시키면서 이 변화가 Corrugated Plate의 처짐에 미치는 영향을 분석하고, 또한 Corrugated Plate의 지지조건 변화와 보강판 각도 및 접합부의 길이 변화가 강성 및 강도에 미치는 영향을 분석하여 굽힘의 형상을 파악하고자 한다<sup>4)</sup>. 이를 통해 Corrugated Plate에서 굽힘에 대해 안전한 치수 형상을 구하고자 한다.

### 2. 유한요소해석

#### 2.1 해석모델 및 방법

본 연구에서 사용한 모델은 사각형의 내부 구조물로 내부에는 주름진 보강판을 사용하였으며, 재료는 알루미늄을 사용하였다. 해석에 사용된 요소는 각 절점에서 3자유도(ux, uy, uz)를 가지는 육면체 요소를 사용하였으며, Fig. 1에 Corrugated Plate의 파라미터 형상을 나타내었다. 해석에 사용된 절점은 172,895개, 요소는 109,350개를 각각 사용하였다.

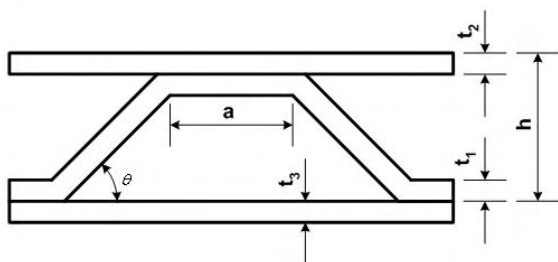


Fig. 1 Parameter Shape of Corrugated Plate

### 2.2 설계 파라미터 설정

Corrugated Plate의 상·하판 두께 변화에 따른 변위에 대한 해석에서는 임의의 두께를 갖는 크기 300mm × 300mm의 알루미늄 판재를 하판의 우측 10mm만을 수직방향으로 고정시키고, x축과 z축 선상의 단면에 대칭 경계조건을 적용시킨 상태에서 내부의 보강판을 임의의 각도(60° 고정)로 설정하고 상·하판의 두께를 0.5mm~2.0mm까지 0.5mm간격으로 응력해석을 수행하였다.

내부 구조 변화에 따른 변위에 대한 해석에서는 상·하판의 두께를 1mm로 고정하고 하판의 우측 5mm만을 하판 결 방향과 곁에 수직인 방향으로 고정시키고, x축과 z축 선상의 단면에 대칭 경계조건을 적용시킨 상태에서 내부의 보강판을 3가지 각도(31°, 60°, 90°)와 보강판과 상,하판이 접하는 접합부의 길이를 4가지(10, 20, 30, 40mm)로 하여 총 17가지의 경우에 대해 응력해석을 수행하였다.

### 3. 해석 결과 및 고찰

#### 3.1 상·하판의 두께 변화에 따른 변위

Corrugated Plate의 내부 보강판을 60°로 고정한 후에 상·하판의 두께를 변화시켜 수직방향의 최대 처짐을 계산하였으며 그 결과 값은 Table 1과 같다. 상·하판의 단면 두께(t)가 클수록 최대 변위는 증가하고 상당응력은 감소한다는 것을 볼 수 있다. 또한 상판에 비해 하판이 단면 두께에 대한 값의 차가 훨씬 크다는 것을 볼 수 있다.

Table 1 Max. Displacement and Equiv Stress of unit plate

Plate Thickness (t <sub>2</sub> ,t <sub>3</sub> ) (mm)	Max.Displacement (mm)		Max. Equiv. Stress (Mpa)	
	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>
0.5	0.719	0.773	71.308	152.168
1.0	0.516	0.516	67.538	67.538
1.5	0.444	0.406	64.688	50.163
2.0	0.405	0.342	62.874	44.166

#### 3.2 내부 구조 변화에 따른 변위

내부 보강판에 형상의 변화에 Corrugated Plate에 작용하는 응력과 변위를 살펴보기 위해 상·하판의 두께를 1.0mm로 고정시킨 후에 경계조건 및 내부 보강판의 주름각에 변화를 주어 최대 처짐과 상당응력을 계산하였으며 그 결과 값은 Table 2와 Table 3과 같다. 하판과 평행한 경계조건보다 수직인 경계조건이 변위와 상당응력의 값이 적다는 것을 볼 수 있고, 보강판의 주름각이 클수록 변위가 적다는 것을 볼 수 있다. 또한, 상당응력도 감소한다는 것을 볼 수 있다.

Table 3 Max. Displacement and Equiv Stress of Boundary condition

Type	Max. Displacement (mm)	Max. Equiv. Stress (MPa)	Volume (mm <sup>3</sup> )
Type A	0.516	67.538	75727.2
Type B	0.076	25.073	75727.2

Table 4 Max. Displacement and Equiv Stress of unit Angle

Angle(θ)	Displacement (mm)		Max. Equiv. Stress (MPa)	Volume (mm <sup>3</sup> )
	Maximum	Center		
31°	0.463	0.355	56.278	69871.1
60°	0.076	0.071	25.073	75727.2
90°	0.069	0.045	23.072	87450.0

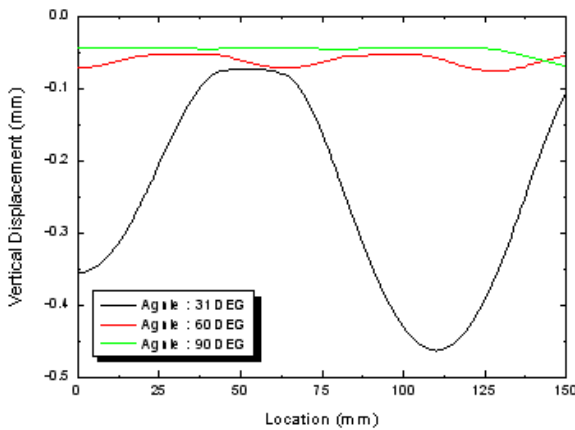


Fig. 2 Vertical Displacement of unit Angle

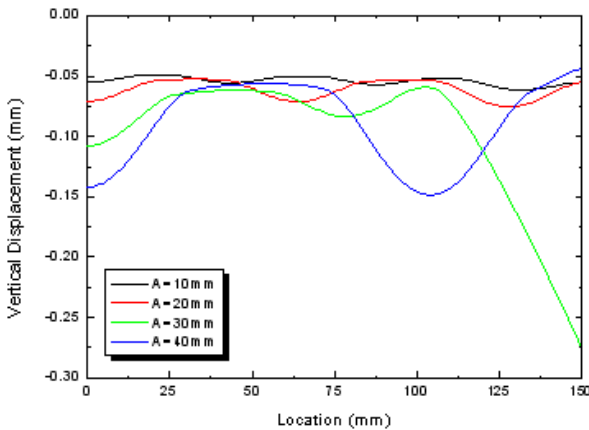


Fig. 3 Vertical Displacement of unit Copulr Length

3.2 접합부 길이의 변화에 따른 변위

내부 주름판과 상·하판의 평행한 접합부의 길이에 대해 일정한 하중에 상판에 작용할 때 구조물의 응력과 변위를 살펴보기 위해 내부 주름판의 각을 60°로 고정시킨 후에 상·하판과 내부 주름판의 접합부 길이를 10mm~40mm 까지 10mm 단위로 변화시켜 최대 처짐과 최대상당응력을 계산하였으며 그 결과 값은 Table 4와 같다. 보강판의 접합부 길이가 증가할수록 중앙부에서의 처짐은 증가한다는 것을 볼 수 있었고, 그에 반해 최대상당응력은 반비례적으로 감소한다는 것을 볼 수 있었다.

Table 4 Max. Displacement and Equiv Stress of unit Length

Copulr(a)	Displacement (mm)		Max. Equiv. Stress (MPa)	Volume (mm <sup>3</sup> )
	Maximum	Center		
10mm	0.062	0.055	24.431	79018.1
20mm	0.076	0.071	25.073	75727.2
30mm	0.289	0.108	35.590	73871.4
40mm	0.149	0.142	35.515	72436.3

4. 결론

본 연구에서는 상판과 하판 사이에 임의의 각도로 주름진 보강판이 접합된 적층판인 Corrugated Plate 구조물에 대해 내부 주름판의 변화와 경계조건을 기준으로 안전한 구조물의 설계를 할 수 있도록 유한요소해석을 실시 하였으며 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. Corrugated Plate에 대한 상당응력 해석 결과 상·하판의 두께가 2.0mm일 때 최대 변위 값이 가장 크게 나타났고, 상당응력은 가장 적은 값을 가졌다.
2. 주름각이 증가하면 중앙부에서의 수직방향 처짐과 최대 상당응력은 지수함수적으로 감소된다는 것을 확인 할 수 있었다.
3. 상판 중앙에서의 수직방향 처짐을 비교한 결과 주름각이 90°인 경우 우측 끝 단의 25mm를 제외한 대부분의 위치에서 처짐과, 표준편차가 균일하게 발생하였다.
4. 보강판의 평행부 길이의 변화를 적용하였을 때 중앙부의 최대 처짐을 비교한 결과 수직방향의 처짐이 증가하게 되었다.

후기

본 연구는 산업자원부의 지역혁신 인력양성사업의 연구 결과로 수행되었음.

참고문헌

1. Meraghni, F., Dersrumaux, F. and Benzeggagh, M. L., " Mechanical Behavior of Cellur Core for Structural Sandwich Panels," Journal of Composites, Part A, **30**, pp. 767-779, 1999.
2. Kim, B.K., Christensen, Richard M., "Basic two-dimienion core types for sandwich structure", International journal of Mechanical Science, **42**, pp. 657-676, 2000.
3. Zhu, H. X. and Mills, N. J., "The In-plane Non-linear Compression of Regular Honeycombs, " Journal of Soil and Structure, **37**, pp. 1931-1949, 2000.
4. Ugural, A. C., "Stresses in Plates and Shells," Mcgraw-Hill, pp.90-95, 1981.