

내부구조의 변화가 Corrugated Plate의 안전성에 미치는 영향

*김용¹, 이성욱², 한동섭³, 한근조⁴

^{1,2}동아대학교 대학원 기계공학과, ³동아대학교 BK21 총괄사업단, ⁴동아대학교 기계공학과

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

*Y. Kim¹, S. W. Lee², D. S. Han³, G. J. Han⁴

^{1,2} Dept. of Mech. Eng., Graduate school, Dong-A Univ., ³Institute of Brain Korea 21, Dong-A Univ.,

⁴ 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 사용된다¹⁾. 이러한 구조물은 우수한 방음성과 단열성을 가지고, 무게에 비해 월등한 강도가 가장 큰 장점이나, 제작 및 가공상의 어려움이 단점으로 지적된다.

보강구조물의 특징에 대해 Kim²⁾등은 보강 구조에서 다양한 형태의 방정식에 대해 연구를 하였고, 하니콤 구조에서 면에 평행한 방향의 하중에 대한 압축 특성에 대한 연구가 Zhu³⁾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 한다⁴⁾. 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.

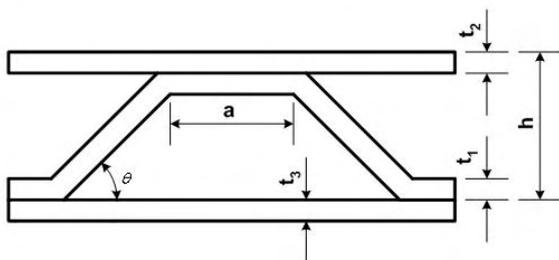


Fig. 1 Parameter Shape of Corrugated Plate

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 결에 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 ₂ , t ₃) (mm)	Max. Displacement (mm)		Max. Equiv. Stress (Mpa)	
	t ₂	t ₃	t ₂	t ₃
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 ³)
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 ³)
	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

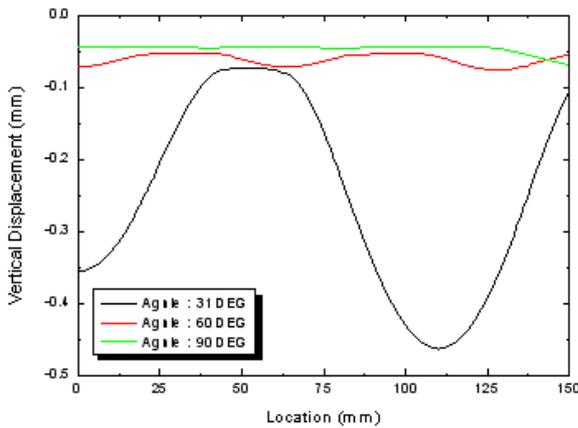


Fig. 2 Vertical Displacement of unit Angle

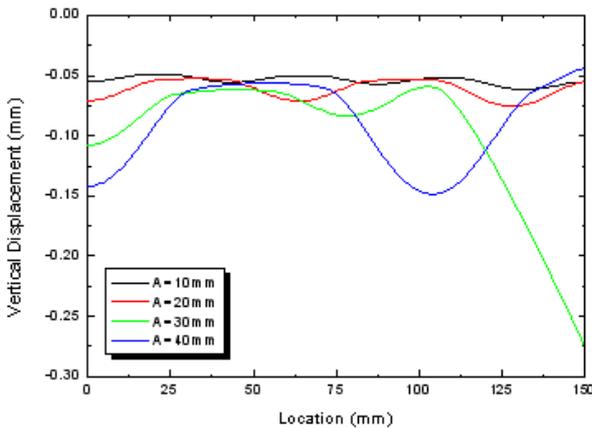


Fig. 3 Vertical Displacement of unit Copulr Length

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 ³)
	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.