한국전산구조공학회
2001년도 가을 학술발표회 논문집

알루미늄 샌드위치패널의 심재 형상에 따른 구조강도해석

A Study on the Structural Strength Analysis according to the Core Shapes of Aluminum Sandwich Panels

배 동 명* 손 정 대**
Bae. Dong-Myung Son. Jung-Dae

ABSTRACT

Recently, with development of mechanics of materials, as pursuing the high speed of the ships, a demanding of composite construction which satisfies high strength and low weight at the same time is incr casing. A sandwich element is a type of composite construction, which is composed of thin, strong, stiff and relatively high density faces and a think, light, and weaker core material. As 2nd moment is increased by faces is separated from the neutral axis farther, a sandwich element is most effective light structural form.

In this paper, the make a comparative study Aluminum Honeycomb Sandwich Panel(AHSP) and Aluminum Pyramid Sandwich Panel(APSP).

1. 서 론

최근 수송시스템의 발달과 함께 높은 강도와 중량의 경량화를 동시에 만족시킬 수 있는 복합재료에 대한 요구가 증대되고 있다. 그 중에서도 비철금속 부분에서는 알루미늄 합금의 재료가 선각의 90% 이상의 우위를 차지하고 있다. 알루미늄 합금의 비중은 일반강의 약 34%에 지나지 않으며, 내식성, 인성 및 저온 충격특성이 우수하여 구조물의 경량화 측면에서 아주 유리하다. 여기서 알루미늄 샌드위치 패널인 경우 Core부분이 보강재의 역할을 하게 되므로 평판에 비해 강한면을 보여 주게되며 외부소음 차단에도 많은 장점을 보여 준다.

본 논문에서는 이러는 알루미늄 샌드위치 패널의 장점을 잘 살린 알루미늄 하니콤 샌드위치 패널(AHSP)과 저자들이 개발한 심재 형상이 피라밋 형상을 하고 있는 샌드위치 패널에 대한 구조 강도를 비교 검토 해 보았다. 여기서 저자들이 개발한 샌드위치 패널의 심재부의 기본 형상이 피라밋 모양으로 알루미늄 피라밋 샌드위치 패널(Aluminum Pyramid Sandwich Panel/APSP)이하 APSP모델로 정의한다. APSP의 경우 알루미늄 하니콤 샌드위치 패널과 배교해서 생각하며 AHSP의 경우 심재의 형상이 육각기둥을 이루지만, APSP의 경우 한 개의 심재형상이 피라밋 모양을 이루고 있다. 이러한 기하학적인 두 개의 패널을 첫 번째는 Strip Plate로 비교 해석하고, 두 번째는 등방성 패널의 모델로 서로 비교 검토해 보았다.

* 부경대학교 조선해양시스템 공학과 교수
** 부경대학교 조선해양시스템 공학과 대학원 석사과정

2. 본　　론

2-1 모델의 형상

비교 모델을 알루미늄 하니콤 샌드위치 패널로 선정한 이유는 샌드위치 패널들 중에 가장 구조적인 면에서 가장 강한 면을 보였기 때문이다.

2-1-1 알루미늄 하니콤 샌드위치 패널

알루미늄 하니콤 샌드위치 패널은 우리 주위에도 많이 볼 수 있는 모델이다. 건축 외장제와 자동차의 범퍼 그리고 고속전철, 선박의 Shelter등 다양한 방면에서 쓰이고 있다. 알루미늄 하니콤 샌드위치 패널의 모델은 Fig. 1과 같으며 심재형상은 Fig. 2와 같다.

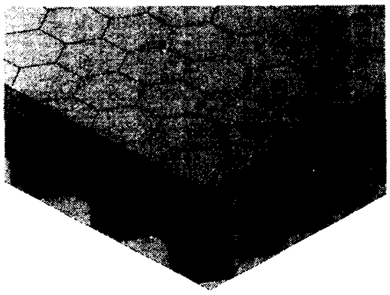


Fig. 1 Sub. AHSP

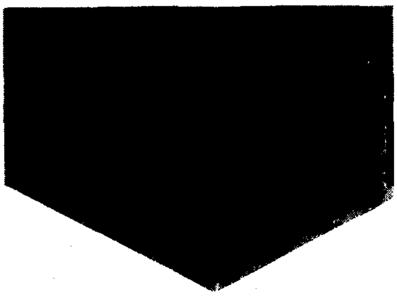


Fig. 2 Core Shapes of AHSP

2-1-2 알루미늄 피라밋 샌드위치 패널

알루미늄 피라밋 샌드위치 패널의 Core형상인 경우 Fig. 3과 4와 같이 피라밋 형상들이 서로 엮어져 있는 모양을 나타내고 있다.

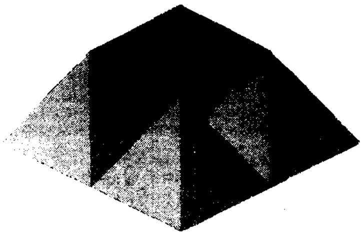


Fig. 3 Unit. cell of APSP

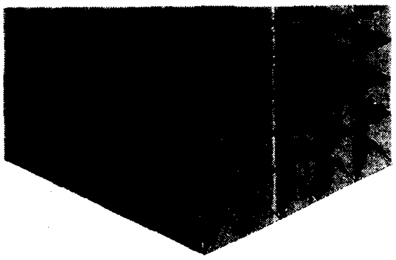


Fig. 4 Core Shapes of APSP

2-2 재료의 특성값

재료의 특성값은 Table. 1과 같으며, 여기서 Cell size는 하니콤 심재를 나타내는 표현이며, Pitch size는 피라밋 심재의 각도를 나타내고 있다. 그리고 모든 특성값들이 같지만 Core의 Area는 APSP가 작다는 것을 보여주고 있다. 이것은 패널의 중량과 관계를 가지게 된다.

Table. 1 Material properties of AHSP and APSP

Items		AHSP	APSP
Core	Material	A3003H19	A3003H19
	Cell size(mm)	6.35	-
	Pitch size(°)	-	60
	Height(mm)	12.7	12.7
	Density(Kg/㎥)	83.2	83.2
	Area(㎡)	0.217	0.205
	Young's modulus(Kg/㎟)	7040	7040
	Poisson's ration	0.33	0.33
Facing	Material	A5083H321	A5083H321
	Thickness(mm)	3.0	3.0
	Young's modulus(Kg/㎟)	7245	7245
	Poisson's ration	0.33	0.33

3. 수 치 해 석

수치적인 해석 방법은 FEM법에서 4절점 사각형 요소를 사용하여 해석 하였어며, 해석 범위는 선형탄성영역까지만 해석하였다. 하중조건은 수직 균일 분포 하중으로 탄성영역 내에서 이루어 졌다. 그리고 경계조건은 각각의 Fig.에 설명되어있다. APSP와 같은 경우는 Pitch size에 대한 변화와 Panel의 두께 변화에 대한 값도 구하여, 최적의 APSP형상에 접근해 보았다.

3-1 Strip Plate 해석

3-1-1 Indeterminato Structure with fixed one side ends.

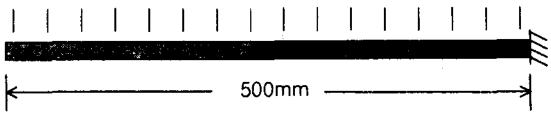


Fig. 5 Indeterminato Structure with fixed one side ends.

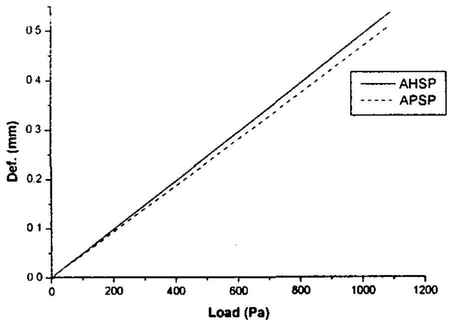


Fig. 6 Load - Def.

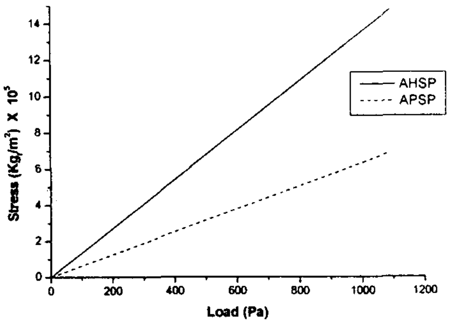


Fig. 7 Load - Stress

3-1-2 Indeterminato Structure with fixed both ends.

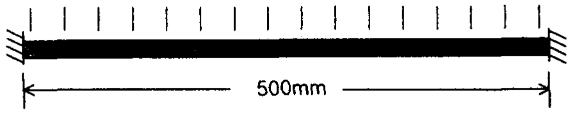


Fig. 8 Indeterminato Structure with fixed Both ends.

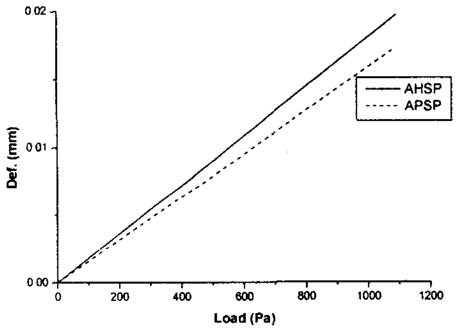


Fig. 8 Load - Def.

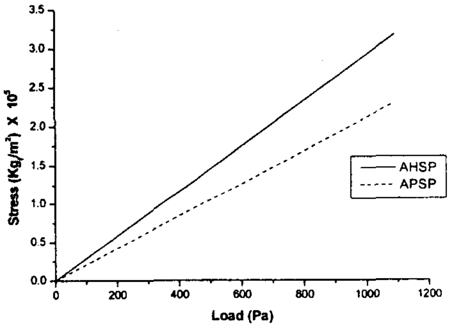


Fig. 9 Load - Stress

3-2 등방성 패널 해석

등방성 패널의 경우 첫 번째 모델의 면적과 같은 면적으로 종횡비가 1:1인 등방성 형태로 되어 있다.

3-2-1 4변 고정지지 형태

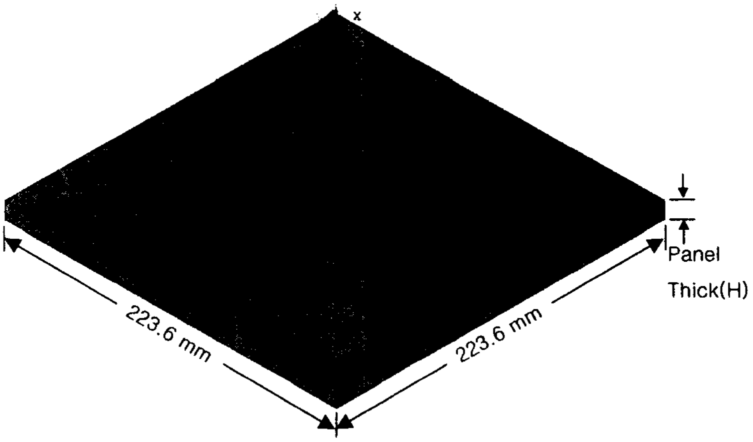


Fig. 10 Panel of Isotropic

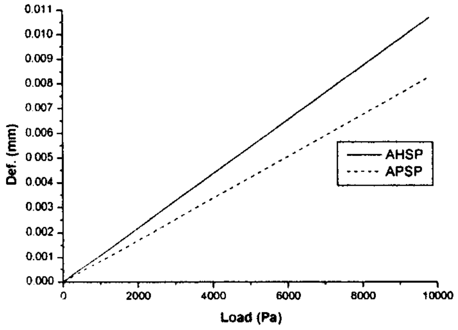


Fig. 11 Load - Def.

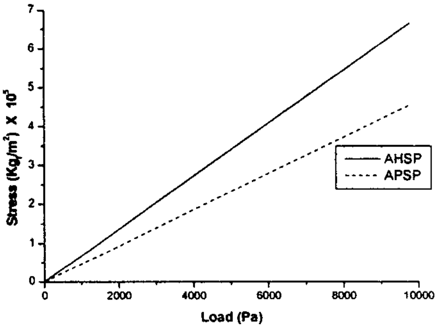


Fig. 12 Load - Stress.

3-2-3 각도의 변화에 대한 해석(Only APSP)

각도의 변화는 총 3가지를 들었다. 45°, 60°, 75° 로 이루어 졌다. 여기서 특이한 점은 75° 일 경우에는 Cell의 수가 많아지지만 60° 일 경우보다 처짐과 하중이 증가되어 있다. 이것은 각도가 높아질수록 일반 보강재 형태와 같아지므로 다른 의미가 부여 되게 될 것이다.

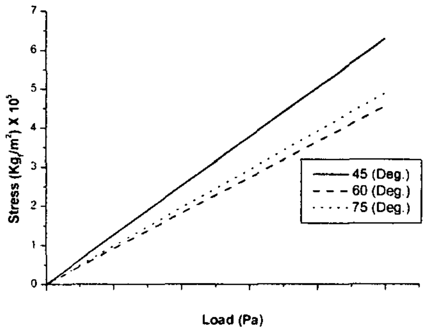


Fig. 13 Load - Stress

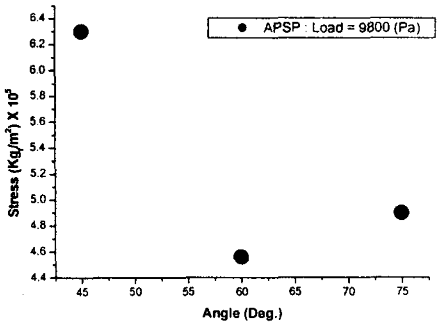


Fig. 14 Angle - Stress

3-2-4 알루미늄 피라밋 샌드위치 패널의 두께 변화에 대한 해석(Only APSP)

Fig. 10에서 알루미늄 피라밋 샌드위치 패널의 두께(H)를 변화시켜 알루미늄 하니콤 샌드위치 패널의 두께 12.7(mm)과 같은 두께를 찾아내었다. 즉, 알루미늄 하니콤 샌드위치 패널의 두께가 12.7(mm) 일 경우 알루미늄 피라밋 샌드위치의 두께는 9(mm)까지 줄일 수 있다.

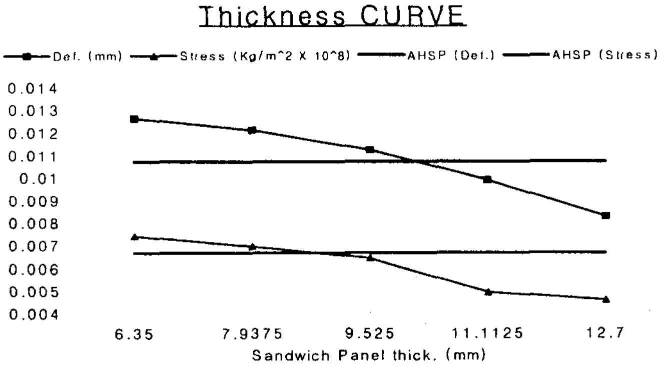
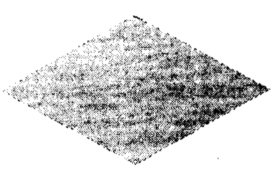


Fig. 15 Optimization thickness of APSP

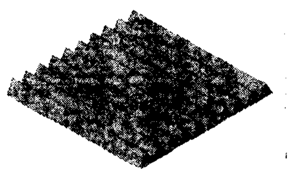
4. 알루미늄 피라미드 샌드위치 패널의 생산성 검토

알루미늄 피라밋 샌드위치 패널은 피라밋 셀 사이에 사면체 셀이 들어가기에 압출재로 생산하기에는 힘들다. 그렇기에 피라밋 심재를 만들기 위해서는 두가지 방법이 있다. 첫 번째는 RP(Rapid Prototyping)로 생산하는 방법인데, 생산하는 방법은 아주 간단하지만, 만들어 내는 시간이 너무 오래 걸리고, 물체 자체에 열이 가해지기에 원래의 금속 강도 보다 약해지게 된다. 두 번째 방법은 로봇 자동화 조립법을 이용하는 방법이다. 자동화가 이루어 져야 하는 이유는 심재의 재료두께가 너무 얇기 때문에 정밀 조립을 하지 않는다면 공

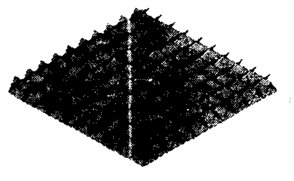
작이 힘들어 지게 될 것이다. 하지만 심재의 재료두께가 어느정도의 두께를 갖는다면 수작업도 가능할 것이다. 본 논문에서는 조립 공정일 경우의 조립 순서는 아래와 같다.



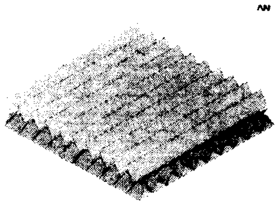
① 밑 면재를 놓는다.



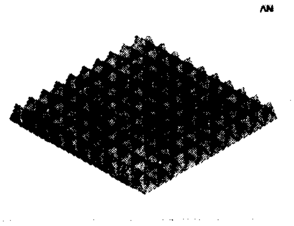
② Pitch 판을 평판에 접착시킨다.



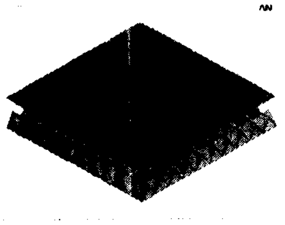
③ 반대축을 60° 로 절단 삽입



④ 반대축을 -60° 로 절단 삽입



⑤ 피라밋 형상의 심재 완성



⑥ 윗 면재를 덮는다.

총 자동 조립 공정은 6단계로 이루어진다. 위의 공정 작업은 아주 간단하며 Core부분은 서로 응집 형태이기에 2차 적인 접착 작업이 필요 없게 된다.

5. 결 론

본 연구에서는 알루미늄 샌드위치 패널의 샘재 부분을 기본 피라밋 형상으로 했을때의 선형 탄성 해석을 하고, 하니콤 형상의 경우와 강도의 특성을 비교 검토한 결과 다음의 결론을 얻을 수 있다.

1. 심재가 APSP인 경우에, AHSP보다 중량대비 강도 측면 우수.

2. 심재의 기본 피라밋의 각도는 60° 일 경우가 가장 유리.

3. AHSP보다 두께를 2~4(mm)까지 줄일 수 있다.

4. 심재를 한쪽 방향의 Pitch 만을 고려할 때는, 압출형으로 제작 할 수 있어나, APSP모델은 두 방향의 Pitch가 주어져 있어므로, 압출형으로는 곤란한 단점이 있다.

알루미늄 피라밋 샌드위치 패널의 생산성에 관하여는 위에 기술한 바와 같이 피라alt 사이에 사면체 요소가 생성되기 때문에 압출재 생산은 불가능하다. 그렇기에 RP(Rapid Prototyping)로 생산하는 방법과 자동 로봇 조립 공정등에서 선택해야 하는데, RP(Rapid Prototyping)같은 경우 생산시간 에서 아직은 불리하다. 그

렇기에 자동 로봇 조립 공정이 지금 현실적인 면에서 가능하다 보겠다.

아직 여러 가지 검토들이 많이 필요를 하며, 알루미늄 하니콤 샌드위치 패널이나 알루미늄 피라밋 샌드위치 패널은 둘 다 너무나도 기하학적인 현상들이다. 그렇기에 어느 부분에 사용되는가에 따라 많이 달라질 것이라 생각이 들며 알루미늄 하니콤 샌드위치 패널 같은 경우도 계속 개발되는 단계이므로 많은 경우의 수를 두고 지켜보아야겠다.

참고 문헌

1. 최철은, "알루미늄 하니콤 샌드위치 패널 구조의 강도 및 진동특성", 부경대학교 조선해양시스템공학과 석사학위논문, 2001.
2. 서승일, 손기호, "알루미늄 압출재의 구조적 거동 특성 및 최적설계에 관한 연구", 대한조선학회 추계 학술 대회 논문집, 1996, pp. 358~363
3. 이정수, 서승일, 이기열, "한국형 고속전철 동력객차의 구조강도 해석", Vol. 4, No. 1 기술 한진중공업, 1998
4. 이용욱, "A Novel Design of Ship Structures using Aluminum Sandwich Panels", 부산대학교 조선해양공학과 박사학위논문, 1997
5. 김기성, 김익태, 김윤영, "고정지지된 Sandwich Panel의 최적설계에 관한 연구", 대한조선학회논문집 제 29 권 제 2 호 1992년 5월.
6. 조민수, "전단좌굴을 고려한 샌드위치 평판의 최적 구조 설계에 관한 연구", 서울대학교 조선해양공학과 석사학위논문, 1995.
7. 이병삼, "Truss-Core 형상을 갖는 알루미늄 압출재의 구조 해석", 서울대학교 조선해양공학과 석사학위논문, 1997.
8. 이종호, 원병희, "고속전철용 복합소재 활용기술 개발", 대한금속학회회보, Vol. 11, No. 2, 1998
9. 김상엽, 이종호, 원병희, "고속전철용 복합소재 활용기술 개발(II)", 대한금속학회회보, Vol. 12, No. 5, 1999
10. 신용석, "다층복합평판 및 샌드위치평판을 위한 평판해석 이론", 한국복합재료학회지, Vol. 7, No. 2, 1994
11. 전재수, 홍창선, "선형으로 두께가 변하는 이방성 샌드위치 구조물의 응력해석", 한국항공우주공학회지, Vol. 18, No. 4, 1990
12. 최우현, 양종수, "레이져빔 가공의 개요와 조선에의 적용을 위한 기초조사 및 연구", 기술 한진중공업, 1998
13. J. Zhang and M. F. Ashby, "The Out-of-Plane Properties of Honeycomb", Int. J. Mech. Sci., 34, '92'
14. J. Zhang and M. F. Ashby, "Buckling of Honeycomb under In-Plane Biaxial Stresses", Int. J. Mech. Sci., 34, '92'
15. M. Grediac, "A Finite Element Study of the Transverse Shear in Honeycomb Cores", Int. J. Solids and Structures, 30, '93.
16. V. E. Kryutchenko, "Analysis of the Anisotropic Properties of Honeycomb Sandwich Plates", Mech. Composite Mat., 34, '95'
17. 배동명, "Cruiser, Minoan Line의 Open Deck상의 Shelter구조물과 연결부분의 구조강도해석" (주)삼성중공업, 위탁연구 보고서, 2000.8.