

탄소섬유/Epoxy 샌드위치 복합재판넬의 기계적 취부특성평가

오경원*, 이상진*, 정종철*, 조세현*, 김정석**

Properties of Mechanical Joint by Carbon Fiber/Epoxy Sandwich Composite Panels

K. Oh, J. Jeong, S. Lee and S. Cho, J. Kim

Key word : Carbon fiber-epoxy sandwich panel, Mechanical joint, Screw joint, Rivet joint

Abstract

This paper was about experimental test properties by mechanical joint of CF1263/Epoxy Al honeycomb panels. In case of mechanical joint using screw, nut shall be secured over than minimize third screw pitch. In case of insert backsheet for increase of joint force, increase weight for assemble by screw pitch. In case of insert backsheet with CF1263/Epoxy, predominant save weight and minimizer of displacement by tensile weight moreover predominant strength. In case of mechanical joint by rivet, rivet of Monobolt has over-hole in hole of CF1263/Epoxy but rivet of PROTRUDING has predominant of mechanical joint.

1. 서론

최근 제품 성형이 일체형으로 대형화되어 가면서 취부에 따른 응력집중, 진동, 피로집중 때문에 기계적 취부 특성에 관한 연구는 활발히 이루어지고 있다.

여러 가지 취부방법이 있으나 일반적인 기계적 취부방법으로 볼트 체결과 리벳체결방법이 있다. 이러한 기계적 취부방법은 고도의 정밀성을 요구하는 분야에서는 고유 스펙을 정하여 응력이나 피로하중 범위를 정하고 있다[1-2].

체결력을 우수하게 하기 위해 금속재를 이용한 하이브리드 형식의 구조를 채택하기도

하지만 무게 절감을 최대화 할 수 없다는 단점이 발생한다. 본 연구는 12k 탄소섬유를 8매 주자직으로 제작한 섬유를 에폭시 수지를 사용하여 프리프레그로 제작된 제품을 스킨으로 한 알루미늄 허니컴 판넬의 기계적 접합특성을 실험적인 방법으로 비교평가를 하고자 한다.

2. 시험방법

2.1 시험 종류

본 연구는 그림 1과 같이 Back sheet, Frame, Carbon prepreg Type으로 구성되며 이를 그림 2와 같이 Rivet과 Screw joint에 따른 기계적 특성을 파악하기 위함이다.

* (주)한국화이버

** 한국철도기술연구원 기존선고속화사업팀

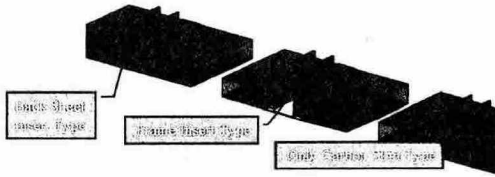


그림 1 Various insert type

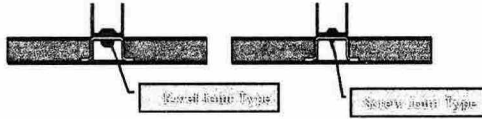


그림 2 Rivet and screw joint type

2.2 사용재질과 시편형상

사용된 허니컴 판넬의 스킨 재질은 (주)한국화이바의 CF1263이다. CF1263은 12k 탄소섬유를 8매 주자직으로 직조한 탄소섬유/에폭시이고, 0.07mm의 박막으로 3/8인치 셀 크기를 가지는 허니컴 코어를 사용하여 Co-curing 방식으로 오토클레이브 성형을 하였다. 그림 1과 같이 총 4가지 종류로 시험편을 성형을 하였으며 그림 중 1번은 2t의 SUS304를 삽입한 경우, 2번은 CF1263을 6plies를 삽입한 경우, 3번은 3t의 SUS304를 삽입한 경우, 4번은 2t SUS304 각판을 삽입한 경우이다. 폭은 SUS304인 경우 60mm로 삽입을 하였으며 CF1263을 삽입한 경우는 80mm와 60mm를 교차적으로 적용하였다.

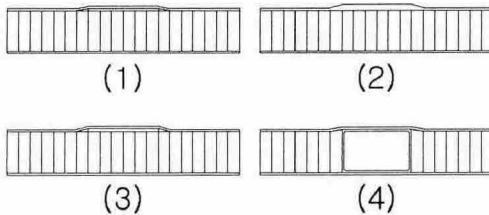


그림 3 하이브리드 시험편의 종류

삽입된 재질을 중심으로 시편을 200mm × 200mm로 컷팅하였으며 기계적 체결방법은 시편 상면중심에 홀을 가공하여 표 1

과 같이 시험치구와 체결하였다.

표 1 시편종류에 따른 체결 특성

시편종류	CASE	체결방법	지름(mm)
1	A	Screw	4
	A'	Screw	5
2	B	Screw	4
	B'	Screw	5
3	C	Screw	5
4	D	Screw	5
2	E	Rivet	6.4
	E'	Rivet	6.4
1	F	Rivet	6.4

Screw는 SUS304재질로 RH Metric Screw이다. JIS B 0209 규격이며 호칭 M4×0.7과 M5×0.8을 사용하였다. M4의 피치는 0.7mm, 최소 외경은 3.838mm, 허용오차는 최대 +0.140mm, 최소 유효경은 3.433mm, 최대 허용오차는 +0.090mm이다. M5의 피치는 0.8mm, 최소 외경은 4.826mm, 허용오차는 최대 +0.150mm, 최소 유효경은 4.361mm, 최대 허용오차는 +0.096mm이다.

JS Technology, Inc.의 Alpharetta, Ca, G42100 Inch-pound 다이얼 토크렌치를 사용하여 체결하였다.

항복 조임 축력 F_{fv} 는 아래와 같은 식으로 구할 수 있다.

$$F_{fv} = \frac{\sigma_{0.2} \cdot A_0}{\sqrt{1 + 3 \left\{ 2 \frac{d_2}{d_0} \left(\frac{P}{\pi d_2} + 1.155 \mu_s \right) \right\}^2}}$$

여기서, μ_2 : 면에서의 마찰계수, d_0 : 볼트 축부의 최소직경, d_2 : 볼트나사의 유효경, $\sigma_{0.2}$: 볼트재료의 항복점 또는 내력, A_0 : 볼트 축부의 최소 단면적, P : 피치

조임토크 T_f 는 식(2)와 같은 식으로 구할 수 있다.

$$T_f = \frac{1}{2} F_f \{ d_p \tan(\rho' + \beta) + d_w \mu_w \} \quad (2)$$

여기서, d_p : 수나사의 유효경, ρ' : 나사면

의 마찰각, β : 나사의 라드각으로 $\tan\beta = P/\pi d_2$, μ_w : 너트 좌면의 마찰계수, d_w 너트 좌면의 토크저항을 구하기 위한 등가직경

이와 같은 식을 이용하여 항복조임 토크 T_{fy} 는 Junker 들에 의한 표면이 무처리 된 볼트의 너트의 유효하지 않을 시 마찰계수는 0.14~0.18로 적용하여 M4×0.7는 3.8 N·m이고 M5×0.8은 7.4N·m이다. 이때 시험편에 조인 토크 값은 3.39N·m를 넘지 않았다.

Ribet은 두가지 종류를 사용하였으며 그림 4는 Orlock Series Steel 중 PROTRUDING L64185P이다. 저탄소강으로 SAE 1006이며 아연 도금을 하였다. 지름은 6.4mm이며 인장력은 660kgf, 전단강도는 1140kgf 이다.

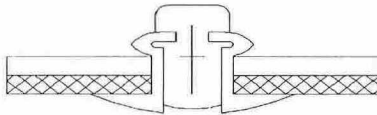


그림 4 After installation of PROTRUDING Rivet

그림 5는 Avdel사의 Monobolt 2711 series 로서 Austentic stainless steel to BS 3111 394S17로 Polished 표면처리가 됐다. 지름은 6.4mm이며 인장강도는 1132kgf, 전단강도는 978.9kgf이다.

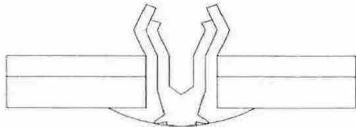


그림 5 After installation of Monobolt Rivet

2.3 치구제작

시험평가를 하기 위해 아래 그림 5와 같이 치구를 제작 하여 볼트 및 리벳을 체결하여 인장시험을 수행하였다.

치구의 재질은 SUS 304로 하였으며 하중 1,000kgf에서 최대 허용 변위량을 0.05mm

이하로 선행해석 후 치구를 제작하였다.

인장시험시 구속되는 경계면은 일반 탄소강을 양단에 고정하여 하중방향으로 변위 구속을 하였다.

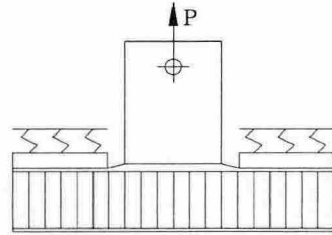


그림 6 시험편의 경계조건

2.4 인장시험

시험 종류는 표 1과 같이 총 9가지 타입으로 시험하였다. 시험장비는 Instron 8500으로 인장스피드는 2.00mm/min로 하였다. 각 시험 마다 3회씩 실험을 하였으며 최종 파단이 발생할 때 까지 하중범위를 결정하였다.

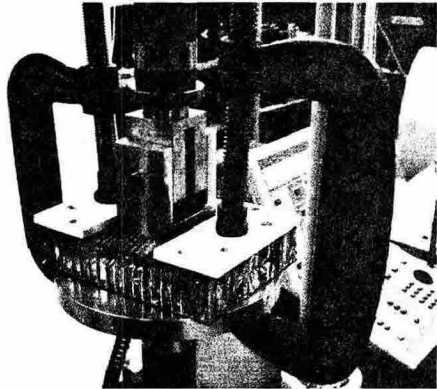


그림 7 기계적 체결의 인장시험

3. 시험결과



그림 8 시험후 시편형상

기계적 체결방법에 따른 시험결과는 그림 8과 같이 코어와 스킨과의 Delamination은 유발되지 않았다.

표 2는 case에 따른 체결부품 및 최대하중과 최대하중시 변위값을 나타낸 것이다.

RH Metric Screw M4는 나사의 항복강도 이상의 하중이 걸려 나사에서 파단이 발생하였다. RH Metric Screw M5는 2t back sheet나 각판이 삽입된 경우 너트로 물리고 있는 나사산이 2정도 형성됨에 따라 나사산들이 파단이 발생하였으며 3t back sheet가 삽입된 경우는 너트로 물리는 나사산이 3개정도 형성됨에 따라 나사에서 항복파단이 발생하였다.

표 2 체결부품에 따른 인장하중 및 변위

CA SE	체결부품	최대하중 (kgf)	최대하중시 변위 (mm)
A	RH Metric Screw	594.3	1.317
A'	RH Metric Screw	754.7	1.902
B	RH Metric Screw	432.9	0.897
B'	RH Metric Screw	641.8	1.365
C	RH Metric Screw	903.0	2.841
D	RH Metric Screw	752.7	2.441
E	PROTRUDING	654.7	3.385
E'	Monobolt	638.8	2.136
F	PROTRUDING	636.5	3.56

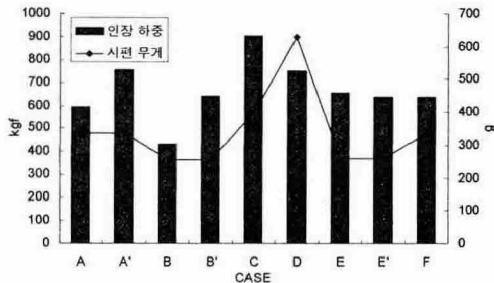


그림 9 시편하중과 최대하중관계

A'와 D와 같은 경우는 삽입되어진 부분이 SUS304 2t로 동일하면서 최대하중도 동일하지만 D의 경우는 각판 자체의 변형이 발생함에 따라 변형량이 증가였다.

E'의 경우는 Monobolt로서 체결 후 형상이 끝단이 벌어지는 형상으로서 인장시험시 carbon섬유가 확공되어 리벳이 빠져버렸고

PROTRUDING는 리벳헤드부근에서 파괴가 발생하였다.

E와 F인 경우 E는 SUS back sheet를 삽입한 F보다 변위량이 작게 발생하였다.

그림 9와 같이 시편의 무게당 최대인장하중 범위는 A'와 D와 같은 경우는 거의 동일한 인장하중을 가지고 있지만 무게는 2배 이상차이가 발생하였다. 가장 우수한 특성은 A'가 가장 우수하게 나타났지만 너트의 나사산의 수가 적어 피로하중 적용시 매우 취약할 것으로 예상되어진다.

4. 결론

본 논문은 CF1263/Epoxy 알루미늄 허니컴 판넬의 기계적 취부특성을 실험적으로 평가 하였다.

1) 나사로 기계적 결합을 하는 경우는 너트의 나사산은 최소 3개 이상을 확보해야 한다. 체결력을 증대하기 위해 backsheet를 대는 경우 나사산을 맞추기 위해 무게가 증가한다. 이때 CF1263/Epoxy를 backsheet로 대는 경우는 경량성이 가장 우수하며 하중에 따른 변형량이 적고 기계적 강도 또한 우수하였다.

2) 리벳으로 기계적 결합을 하는 경우는 Monobolt의 리벳은 CF1263/Epoxy의 홀을 확공시켰으나 PROTRUDING은 우수한 기계적 결합을 가졌다.

향후 기계적 취부에 대한 피로특성평가를 수행할 예정이다.

후기

본 논문은 건설교통부 철도기술연구개발사업의 일환으로 수행됨에 감사드립니다.

참고문헌

- 1) "Mechanical joint spec." Boeing spec.
- 2) "Mechanical joint spec." CASA spec.
- 3) "기계설계편람", 대광서림 2003
- 4) "Avdel Breakstem Systems" Avdel
- 5) Michael Chun-yung Niu "Airframe Structural Design" Lockheed Aeronautical System, Hong Kong Conmilit Press LTD.