

카본섬유 강화 복합재료 구성된 인라인 디스크 휠의 설계 및 충격성능 평가

Design and Evaluation of Impact performance for Inline Disk Wheel made of CFRP Composites

*이상진^{1#}, 신태복²

*S. J. Lee(sjlee@kiflt.re.kr)^{1#}, K. B. Shin²

¹한국신발피혁연구소 신발연구부, ²한밭대학교 기계설계공학과

Key words : inline, disk wheel, CFRP, impact

1. 서론

카본섬유 강화 복합재는 우수한 기계적 성능과 경량화 등의 장점으로 항공기, 방산 부품으로 널리 활용되어 오고 있다. 최근에는 철도차량 일체형 차체, 버스 및 경량전철 차체 재질로도 활용되고 있다[1]. 레저스포츠 용품에 카본복합재 적용 사례는 복합재 골프 샤프트 적층최적화와 관련한 연구가 있을 뿐 [2], 극히 미흡하다.

본 연구에서는 기존의 플라스틱 휠과 달리 디스크형의 카본재질의 휠 설계, 제작기술에 대한 연구와 인라인 휠의 충격 특성에 대해 실험을 통해 확인하였다.

2. 카본 인라인 휠 설계 및 제작

2.1 인라인 디스크 휠 설계

카본 복합재 휠 허브는 Fig. 1.과 같이 원형의 얇은 판을 휠 중심을 기준으로 접합되는 설계 형상이다. 그 특징은 좌우의 카본 디스크 허브 접합 전에 Inner Retainer를 삽입하여 홀의 정렬을 유지케 하였다. 카본 디스크 허브 접착 본딩 후, 우레탄과 부착되는 부위에 홀을 Fig.1 와 같이 가공하여 좌우가 관통되도록 하여 우레탄과 디스크 허브 접착력을 높이는 구조로 설계하였다.

2.2 인라인 디스크 휠 제작

Fig.2 (a)에 제작된 금형에 이형제 처리 후, 소재를 적층하고 상/하 금형을 조립한다. Hot press에서 규정된 성형 사이클에 따라

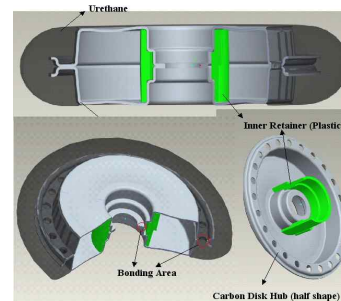


Fig. 1 Design of Carbon Disk Wheel.

carbon wheel hub가 제작되었다. 끝단부를 트리밍(Trimming)하고 본딩 지그에서 2개의 카본 디스크 허브를 접착제를 사용하여 접합하였다. Fig. 2(d)과 같이 본딩된 상태의 카본 디스크 휠 허브에 우레탄과 접착력을 높이기 위해 직경 4mm 크기의 홀을 일정간격으로 총 24개 만들었다. 우레탄을 사출하여 Fig. 2(f)의 완제품을 제작하였다.

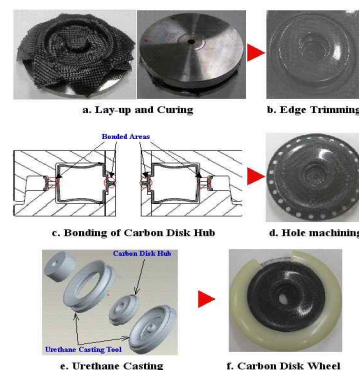


Fig. 2 Manufacturing process of Carbon Disk Wheel.

3. 휠 충격성능 평가

3.1 시험장치 및 시험조건

시험에 사용된 시료는 3 ply 적층으로 제작된 카본 디스크 휠, PC/PBT 재질의 플라스틱 사출 휠이다. 카본 복합재는 평직 구조의 CF3327에 에폭시 수지가 적용된 형태로 55 GPa의 강성, 549 MPa 강도, 1.5의 비중을 가지며, 플라스틱의 경우는 2.37 GPa 강성, 64.5 MPa의 강도, 1.2의 비중을 가진 소재이다. 사용된 시험 장비는 Instron사의 Dynatup 8250 모델 이었다.

카본 디스크 휠 허브의 충격 특성을 평가하고자 수행된 본 연구에서의 시험 조건은 5 J ~ 20 J 범위에서 중량 및 높이를 조절하여 충격 에너지를 조절하였다.

3.2 시험 결과

Fig. 3의 기존 플라스틱 휠과 카본 휠의 하중-변형 선도를 통해 충격 특성을 비교하였다. 선도로부터 최대하중을 비교해 보면, 5J의 충격에서는 카본 휠이 1.91 kN, 플라스틱 휠의 2.08 kN 보다 조금 낮았으나, 10 J의 충격에서는 각각 3.66 kN, 3.02 kN으로 카본 휠이 더 높게 나타났으며, 20 J의 충격에서는 동일한 3.90 kN을 나타내었다. 20 J의 충격에서 카본 휠은 손상이 발생하였다.

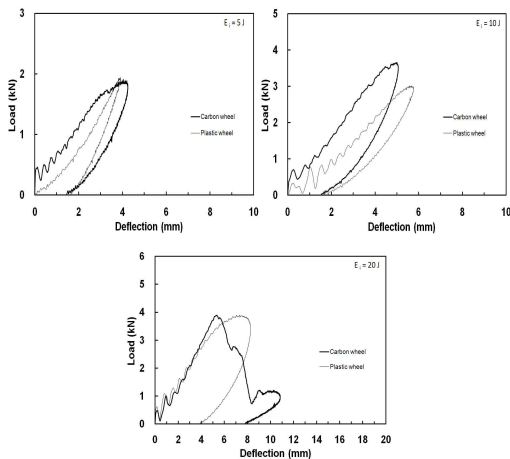


Fig. 3 Load vs. deflection Curves of carbon wheel and Plastic wheel for various impact energies.

하중-변형 선도 영역의 면적을 통해 아래 Fig. 4의 에너지 선도를 얻을 수 있다. 이를 통해 가해진 외부 충격에 대한 카본 휠, 플라스틱 휠의 특성을 비교하였다. 5, 10 J의 충격에 대해서 카본 휠은 플라스틱 휠에 비해 반발에너지의 비율이 높은 것을 볼 수 있다. 이는 얇은 층으로 이루어진 3 플라이의 카본 허브가 충격에 대해 변형되었다가 탄성영역에서 다시 복원되면서 rebounding 되며 보이는 현상으로 사료된다. 20 J의 충격에서는 카본 휠은 손상으로 대부분의 에너지가 흡수됨을 알 수 있다.

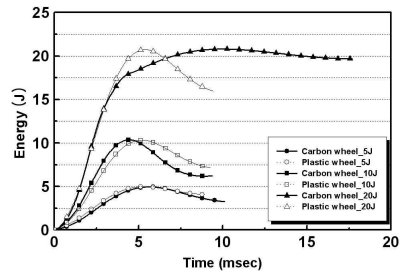


Fig. 4 Deflection vs. contact time Curves of Plastic wheel.

4. 결론

본 연구를 통해 카본 복합재 재질의 휠을 설계 제작하였고, 충격하중에 대해 기존 플라스틱 재질 휠과 비교분석하였다. 그 결과, 낮은 충격에서는 카본 휠이 반발에너지 비율이 높아 유리했으나, 20 J 정도 충격에 손상되어 보강이 필요한 것을 확인하였다.

참고 문헌

1. Shin, K.B, Ko, H.Y., Cho, S.H., "A Study on Crashworthiness and Rollover Characteristics of Low-Floor Bus made of Honeycomb Sandwich Composites," Korean Society for Composite Materials, Vol. 21, No. 1, 2008, pp.22-29.
2. Kim, M.S., Han, D.C., Kim, S.J., Lee, "Optimization of stacking sequence for composite golf club shafts", Korean Society for Composite Materials, Vol. 20, No. 1, 2007, pp.1-7.