

탄소섬유 프리프레그 적층방법에 따른 하이브리드 샤프트의 진동특성 연구

The study of Vibration characteristics of a aluminum/composite hybrid shaft according to the change in carbon fiber prepreg method

유청환* 김동연** 김연직*** 유미화*** 홍동표†

Chung-Hwan Yu, Yon-Jig Kim, Dong-Youn Kim, Mi-Hwa Yu and Dong-Pyo Hong

1. 서 론

탄소섬유 복합재료와 알루미늄 샤프트를 이용하여 구동축을 제조하면 탄소섬유가 가지는 높은 진동특성으로 인하여 기존의 2단 구조의 구동축을 1단의 일체형 구조로 또는 3단 구조의 구동축을 2단구조의 구동축으로 제작이 가능하다. 이에 구조변경으로 가운데 연결부위의 부품들제거와 하이브리드 재질 자체의 낮은 중량으로 인하여 차량의 중량을 저감시켜 자동차의 연비 향상에 도움을 주고 또한 자동차내부로 진동의 유입 및 진동감소에 영향을 주게 된다.

본 연구에서는 하이브리드 일체형 구동축을 제작하기 위한 기초연구로서 URN300 탄소섬유와 USG2503C 탄소섬유를 A6061-T6 알루미늄 샤프트 외부에 프리프레그 적층기법을 이용하여 하이브리드 샤프트를 제조하여 탄소섬유 복합재료의 적층방법 및 적층수에 따른 하이브리드 샤프트의 진동특성 변화에 대하여 비교 연구를 수행하였다.

2. 탄소섬유/알루미늄 하이브리드 샤프트 제조

하이브리드 샤프트는 탄소섬유 복합재료의 적층각도에 따라 샤프트의 특성이 변화하는데 복합재료 섬유 적층각도에 따른 탄성계수는 다음과 같다.

$$E_x = \frac{1}{E_1} \cos^4 \theta + \left(\frac{1}{G_{12}} - \frac{2\nu_{12}}{E_1} \right) \sin^2 \theta \cos^2 \theta + \frac{1}{E_1} \sin^4 \theta \quad (1)$$

$$E_x = \frac{1}{E_1} \sin^4 \theta + \left(\frac{1}{G_{12}} - \frac{2\nu_{12}}{E_1} \right) \sin^2 \theta \cos^2 \theta + \frac{1}{E_1} \cos^4 \theta \quad (2)$$

여기서 구동축은 1차 굽힘 고유진동수가 중요하기 때문에 hoop 방향 탄성계수는 배제하기로 한다.

탄소섬유 복합재료는 URN300, USG2503C 알루미늄은

† 교신저자; 전북대학교 기계시스템공학과
E-mail : hongdp@chonbuk.ac.kr
Tel : (063) 270-2374, Fax : (063) 270-2374

* 전북대학교 기계시스템공학과
** 전북대학교 기계시스템공학과
*** 전북대학교 기계설계공학과

A6061-T6를 사용하였다. 하이브리드 샤프트를 제조하기 위하여 프리프레그 적층 기법을 이용하여 A6061-T6 외부 표면에 URN300과 USG2503C를 감아 제조하였다. URN300은 하이브리드 샤프트의 굽힘1차 고유진동수를 높이기 위하여 0°로 적층하였으며 USG2503C는 하이브리드 샤프트의 회전에 의한 알루미늄 샤프트와 탄소섬유의 박리현상을 방지하기 위하여 45°로 적층하였다. 또한 박리현상을 방지하기 위하여 URN300을 먼저 적층하고 그후에 USG2503C를 적층하였으며 적층수의 증가에 따라서 탄소섬유 USG2503C 적층수가 URN300과 같거나 많게 된다. 제조된 시험편의 제원은 다음 Table.1 과 같으며 Fig.1.에서 보여진다.

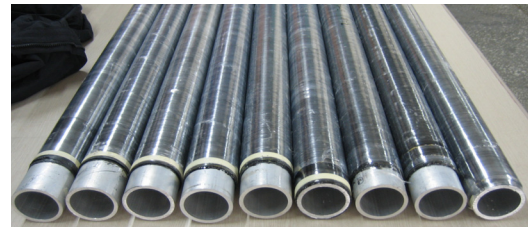


Fig. 1 1.3m Hybrid shaft specimen

Table.1 Specification of hybrid-shaft specimen

Specification	A6061-T6	Number of layers(URN300)	Number of layers(USG2503C)
Hybrid Shaft-1	65*3*1300	1	1
Hybrid Shaft-2		2	2
Hybrid Shaft-3		2	3
Hybrid Shaft-4		3	4

제조된 4개의 하이브리드 샤프트 시험편을 가지고 진동 실험 및 FEA 해석 프로그램인 ANSYS를 이용하여 하이브리드 샤프트의 제조 시 진동특성을 향상시키는 주요 요인에 대하여 알아보려고 한다.

3. 1차 굽힘 고유진동수 실험 및 해석

3.1 진동 특성 실험

하이브리드 샤프트 시험편의 진동특성을 파악하기 위하여 진동실험을 실시하여 굽힘 1차 고유진동수를 알아보았으며 실험장치 구성은 다음Fig. 2와 같다.

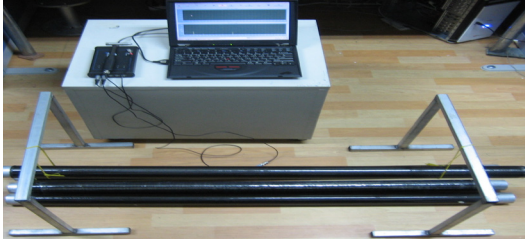


Fig. 2 FRF test of hybrid shaft

하이브리드 샤프트의 조건은 free-free 상태로 가정하였으며 가속도계를 시험편위에 붙이고 Impact hammer로 가진시켜 발생하는 가속도 신호를 01dB FFT Analyzer로 분석하여 각각의 시험편의 굽힘 1차 고유진동수를 알아보았다. 실험결과는 다음Fig. 3과 같다.

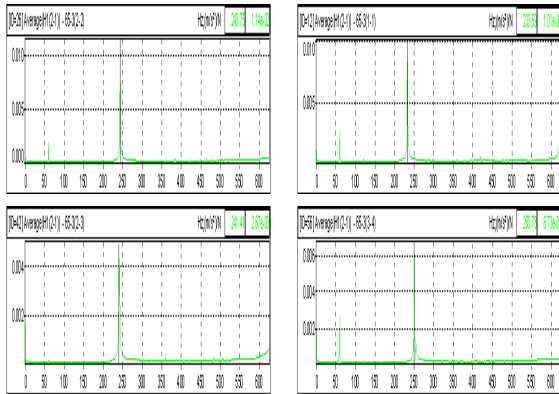


Fig. 3 FRF results of shaft-1~shaft-4

3.2 유한요소해석

하이브리드 샤프트 시험편의 진동실험을 검증하기 위하여 유한요소 해석프로그램 ANSYS를 이용하여 각각의 시험편들의 굽힘 1차 고유진동수를 해석하였다. 유한요소해석에 필요한 하이브리드 샤프트의 등가밀도는 다음의 식을 이용하여 구하였다.

$$\rho_{eq} = \frac{(\rho A)_{al} + (\rho A)_{URN300} + (\rho A)_{USG250C}}{A_{al} + A_{URN300} + A_{USG250C}} \quad (3)$$

또한 유한요소해석을 하기위해 필요한 하이브리드 샤프트의 등가 탄성계수를 구하기 위하여 다음 Fig. 3과 같이 샤프트의 끝단에 가속도계를 부착하고 다른쪽 끝에서 Impact

hammer로 가진하였다.

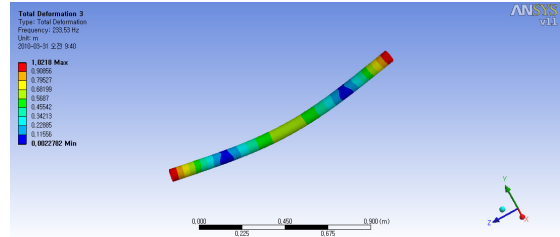


Fig. 3 FEA results of Hybrid shaft 발생하는 진동수를 다음과 같은 식에 대입하여 계산하였다.

$$f_1(Hz) = \frac{C}{2l} \quad (4)$$

$$C = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (m/s) \quad (5)$$

여기서 C는 파동 속도를 말한다.

하이브리드 샤프트의 굽힘 1차 고유진동수 실험 및 유한요소해석 결과는 다음과 같다.

Table 2 FRF and FEA results of Shaft-1~shaft-4

Specification	A6061-T6	FRF Test	FEA
Hybrid Shaft-1	65*3*1300	233.6Hz	233.8Hz
Hybrid Shaft-2		243.7Hz	244.5Hz
Hybrid Shaft-3		246.3Hz	245Hz
Hybrid Shaft-4		250Hz	253.5Hz

4. 결 론

본연구에서는 탄소섬유 복합재료의 프리프레그 적층 기법에 따른 하이브리드 샤프트의 진동특성의 변화를 알아보기 위해서 연구를 수행하였으며 탄소섬유를 적층함에 따라서 1.5%~4%정도의 진동특성의 향상을 보였으나 적층이 되어감에 따라서 진동특성의 미비한 향상을 보이므로 URN300 1겹과 USG2503C 1겹으로 충분한 효과를 기대할 수 있고 그후의 적층은 경량화의 어려움이 있으므로 무의미 하다고 판단된다.

후 기

본 연구는 (재)전북테크노파크가 지원하고 있는 지방기술혁신사업인 “3000cc급 승용차용 경량하이브리드 구동축 개발 사업”으로 수행되었으며 이에 깊은 감사를 드립니다.