

## 소프트 골프클럽 시제품의 모드해석

김성민 (전북대 대학원), 심기중, 김영권 (전북대 연구원), 권대규, 김남균, 이성철(전북대)

### Modal Analysis of the Soft Golf Club Prototype

S. M. Kim (Mech. Eng. Dept., CBNU), K. J. Sim, Y. K. Kim (Researcher, CBNU)

Tae-Kyu Kwon, and Nam-Gyun Kim (CBNU), Seong-Cheol Lee(Mech. Eng. Dept., CBNU)

#### ABSTRACT

The purpose of this study is to compare the modal parameters of a newly developed soft golf club prototype, which is designed to be lighter than regular golf clubs, with those of a regular commercial golf club. The modal tests were performed with two kinds of boundary conditions. The first condition was free-free condition and the second was fixed-free condition. An impact hammer and a Fast Fourier Transform analyzer were used to obtain modal data. From the results, it was found out that the modal characteristics of the soft golf club prototype were close to those of the regular golf club although the weight of the soft club was lighter. Therefore, the soft golf club is expected to be able to convey similar feel to the golfers even with lighter weight. This would enable elderly golfers to swing easily with the soft golf club with same skill which they acquired with regular golf clubs but with reduced load to their muscles.

**Key Words :** 소프트 골프클럽(soft golf club), 모드해석(modal analysis), 모드 매개변수(modal parameter), 고유진동수(natural frequency)

#### 1. 서론

골프는 선진국은 물론 국내에서도 인기있는 스포츠로 빼놓을 수 없으며, 대중 스포츠로 자리를 잡아가고 있다. 골프 인구의 확대에 따라 골프용품의 수요가 증대하고 고기능의 고급화된 수요에 대응하기 위한 관련용품의 연구와 산업의 발달이 필수 불가결해 지고 있다. 골프산업에서 국내업체의 기술력은 아직 미미하지만, 국내기술에 의해 개발된 골프 헤드의 일부분과 샤프트는 이미 세계에서 수위를 자랑하고 있다.

참여 측면에서 보면 골프는 야구, 농구, 축구, 등 인기 스포츠가 대부분 연령에 의한 체력의 제한을 받는 운동인 반면, 경제적 여건과 시설이 나아질수록 남녀 구분 없이 연령의 영향을 적게 받으며 평생을 즐길 수 있다. 한국갤럽의 조사에 의하면, 국내 골프인구는 2000년 1.3%에서 2002년 2.4%로 꾸준히 증가(한국갤럽, 2002)하고 있으며, 또한 급속하게 노령화 사회로 진입하고 있는 것으로 조사되었다. 운동능력이 떨어지는 노약자가 기존의 골프채를 이용할 경우 손목이나 팔관절 등 신체적 손상의 우려가 있다. 골프클럽 헤드는 비거리를 향

상시키기 위하여 주로 금속재료를 사용하여 만들기 때문에 전체 클럽의 무게가 무겁게 되고 노약자가 사용하기 불편하고 부상의 부담을 가지고 있다. 또한 미니골프게임과 같이 좁은공간에서 게임을 하는데 있어 기존 골프클럽의 형상으로는 무게나 비거리 측면에서 모두 적절하지 않다. 좁은공간에서 노약자가 근력향상과 여가활동을 위한 골프게임을 즐기기 위해서는 골프클럽의 무게와 적당한 비거리를 낼수 있는 볼 재질과 크기, 골프클럽 헤드의 재질과 형상을 변경한 소프트 골프클럽이 필요하다.

본 논문에서는 운동능력이 떨어지는 노약자가 부담없이 사용할 수 있도록 제작된 소프트 골프클럽 시제품의 모드해석(modal analysis)을 바탕으로 기존 골프클럽과 소프트골프클럽의 동적특성을 비교 분석하여 개선된 소프트골프클럽을 개발하고자 한다.

#### 2. 실험방법 및 장치

진동해석 방법을 이용한 소프트골프 클럽의 고유진동수와 고유모드 등 통특성을 분석하고자 Fig. 1의 (a), (b)와 같이 실험장치를 구성하고, 골프클럽

의 가진실험을 수행하였다. 충격 가진에 의한 응답 신호는 골프클럽의 한쪽 면에 한 개의 가속도계를 와스로 부착하고, 가속도계의 출력신호를 증폭기로 증폭시킨 후, 입력신호와 마찬가지로 신호분석기(Zonic Medallion 8ch. FFT analyzer)의 데이터획득모듈(data acquisition module)을 통해 컴퓨터에 입력시킨다. 응답신호를 얻기 위한 신호분석기의 해석 주파수 범위는 1000Hz 로 설정하고 샘플링 데이터의 수(block size)는 2048 개로 설정하였다.

측정된 주파수 응답함수를 이용하여 상용 모드 해석 소프트웨어인 ME scope VES 로 고유진동수와 모드형상 및 감쇠비를 구하였다. 모드 매개변수를 구하기 위해 측정된 주파수 응답함수로부터 동시에 여러개의 변수값을 추출해 내는 다자유도 곡선맞춤법(multi degree of freedom curve fitting method)을 이용하였고, 이 때 고유진동수와 감쇠비는 주파수 영역에서 곡선맞춤을 수행하는 Global Polynomial 법으로 구하였다.

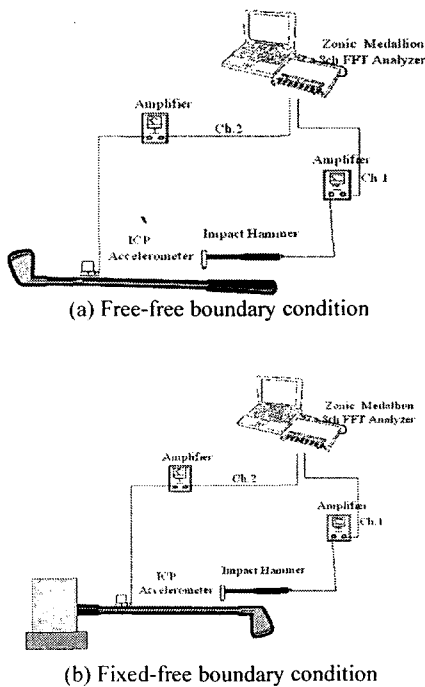


Fig. 1 Schematic diagram of the experimental set up

가진실험은 기본 골프클럽과 소프트골프클럽 시제품을 이용하였으며, 각각의 길이와 무게는 기본 골프클럽 길이: 980mm, 무게: 370.1g, 그리고 소프트골프클럽 길이 750mm, 무게: 144.9g 인 것을 이용하였다.

가진실험을 통하여 자유-자유단, 고정-자유단 경계조건을 갖는 소프트 골프클럽의 진동특성 검토하

였고, 자유진동 상태에서 Bending mode 검출 및 주파수 해석, 각각의 임팩트 입력과 시간응답과의 관계를 통한 주파수 응답함수를 구하고, 그에 따른 진동특성 분석 및 고찰하였다.

### 3. 실험 결과 분석 및 고찰

본 절에서는 기존 골프클럽과 소프트 골프클럽의 실험으로부터 측정된 데이터의 결과와 분석을 통하여 얻어진 골프클럽의 고유진동수, 굽힘특성, 고유모드 등 실험결과를 설명하였다.

#### 3.1 Free-Free 경계조건에서 클럽특성

Fig. 2(a)는 기존 골프클럽의 3 번 가진점을 가진 했을 경우 측정된 데이터를 모드해석한 결과로 자유-자유단 경계조건에서의 파워스펙트럼으로 보여주고 있다. Fig. 2(a)로부터 기존 골프클럽의 1 차 굽힘모드의 고유진동수는 11Hz, 2 차 굽힘모드는 50.4Hz 를 얻었다. Fig. 2(b)는 자유-자유단 경계조건을 갖는 소프트골프 클럽의 3 번 가진점을 가진 했을 경우의 파워스펙트럼 결과를 보여주고 있다. 1 차 굽힘모드의 고유진동수는 11.4Hz, 2 차 굽힘모드는 47.5Hz 를 갖는 것으로 조사되었다.

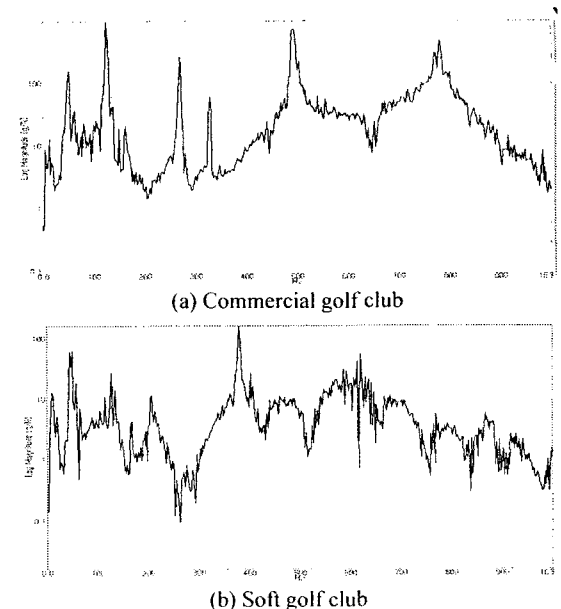


Fig. 2 Power spectrum in free-free boundary condition

각각의 모드 매개 변수들에 대한 자세한 사항은 Table 1 과 Table 2 에 정리하여 나타내었다.

Table 1 Vibration characteristics of commercial golf club

Shape	Frequency (Hz)	Damping (%)
1	11	2.42
2	50.4	1.51
3	124	0.649
4	268	0.223
5	328	0.223

Table 2 Vibration characteristics of soft golf club

Shape	Frequency (Hz)	Damping (%)
1	11.4	3.68
2	47.5	1.4
3	128	1.22
4	206	1.15
5	380	0.373

Table 3 Vibration characteristics of commercial golf club

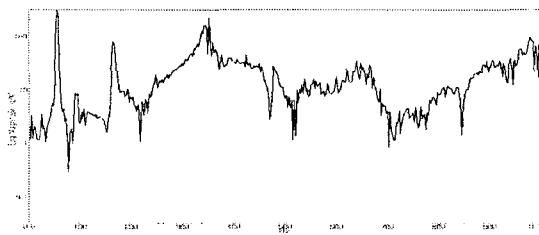
Shape	Frequency (Hz)	Damping (%)
1	6.93	0.523
2	57.4	0.58
3	165	0.927
4	350	28.9E-3

Table 4 Vibration characteristics of soft golf club

Shape	Frequency (Hz)	Damping (%)
1	9.96	7.12
2	81	0.769
3	167	0.56
4	340	0.258

### 3.2 Fixed-Free 경계조건에서 클럽특성

Fig. 3(a)는 고정-자유단 경계조건에서 기존 골프 클럽의 3 번 가진점을 가진 했을 경우의 모드해석 결과를 파워스펙트럼으로 보여주고 있다. 얻어진 기존 골프클럽의 1 차 굽힘모드 진동수(고유진동수)는 6.93Hz, 2 차 굽힘모드 진동수는 57.4Hz 를 갖는 것으로 조사되었다. Fig. 3(b)는 고정-자유단 경계조건을 갖는 소프트골프클럽의 3 번 가진점을 가진 했을 경우의 모드해석결과를 파워스펙트럼으로 보여주고 있다. 얻어진 소프트 골프클럽의 1 차 굽힘모드 진동수는 9.96Hz, 2 차 굽힘모드 진동수는 81Hz 를 갖는 것으로 조사되었다. 각각의 모드 매개변수들을 Table 3, Table 4 에 나타내었다.



(a) Commercial golf club



(b) Soft golf club

Fig. 3 Power Spectrum in fixed-free boundary condition

운동능력이 떨어지는 노약자들이 골프게임에 부담없이 편리하게 사용할 수 있는 무게를 감소시킨 소프트 골프클럽과 기존의 골프클럽의 모드해석을 통해 비교해 본 결과 자유-자유단 경계조건의 경우 비슷한 주파수에서 고유진동수를 가지고 있는 것을 관찰되었으며 전반적으로 3 차 모드까지 비슷한 주파수 대역의 경향을 보였다. 고정-자유단 경계조건의 경우 1 차 모드 고유진동수는 기존의 골프채에 비해 높은 고유진동수를 가지고 있음을 볼 수 있었는데, 이는 자유-자유단 경계조건에 비해 클럽 길이의 영향이 크게 작용한 결과로 분석된다.

감쇠특성은 골프클럽과 골프공이 충돌할 때 생기는 충격을 감소시키도록 작용하는데, 실험결과 기존의 골프클럽과 소프트 골프클럽의 3 번 가진점을 가진 하였을 때, 자유-자유단 경계조건의 경우와 고정-자유단 경계조건 모두 총래의 골프클럽보다 소프트골프클럽의 감쇠율이 높게 나타남을 알 수 있었다.

### 4. 결론

본 논문에서는 노약자가 신체적 무리없이 사용할 수 있도록 기존의 골프클럽과 비교하여 무게를 줄여 제작된 소프트골프클럽의 동적 특성을 가진 실험을 통하여 파악해 보았으며 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 시제품으로 제작된 소프트 골프클럽은 무게를 기존 클럽의 1/2 정도로 경량화하였고, 상대적으로 댐핑값이 크게 나타나서 고령자가 사용하기에 적절하다.
- 2) 고정-자유단 경계조건의 실험결과 분석에서 소프트 골프클럽이 양호한 감쇠특성을 가지고 있는 것으로 조사되어 관절과 근육의 손상에 대한 부담을 줄일 수 있을 것이다.

- 3) 시제품으로 제작된 소프트골프 클럽은 무게의 감소에 따라 사용자의 느낌이 종래의 골프채와 비슷하면서도 쉽게 스윙이 가능할 것으로 판단된다.

## 후 기

이 논문은 2005 년도 교육인적자원부 지방연구 중심대학육성사업 헬스케어기술개발사업단의 지원에 의하여 이루어진 연구의 일부임.

## 참고문헌

1. Whittaker. A. R., "A Study of the Dynamics of the Golf Club," Sports engineering, Vol. 1, pp. 115~124, 1998.
2. Lee. J. Y., "Optimal Design of Golf Club by Considering Twisting Moment of Grip," Journal of Korea Industrial Safety Association, Vol. 8, No. 4, pp. 21~26, 1993.
3. Firswell. M. I., Mottershead. J. E., and Smart. M. G., "The Dynamics of Golf Club using Generic Finite Element Models," The world's knowledge www.bl.uk, pp. 565~571
4. Firswell. M. I., Mottershead. J. E., and Smart. M. G., "Dynamic Models of Golf Clubs," Sports engineering, Vol. 1, pp. 41~50, 1998.
5. Merkel. R. C., and Blough. T., "Dynamic Characterization and Comparison of Golf Club," The world's knowledge www.bl.uk, pp. 513~517,
6. ME' scope VES operating manual Volume I – tutorial
7. Introduction to Modal Testing, Bruel & Kjaer