소프트골프 클럽의 유한요소 모델 응력해석

김영권*(전북대 기계공학과), 김성민(전북대 대학원), 심기중(전북대 공학연구원),
권대규(전북대), 김남균(전북대), 이성철(전북대)

Stress Analysis of the Soft Golf Clubs using FEM

Y. K. Kim(Mech. Eng. Dept., CBNU), S. M. Kim(CBNU), K. J. Sim(CBNU), T. K. Kwon(CBNU),
N. G. Kim(CBNU), and S. C. Lee(Mech. Eng. Dept., CBNU)

ABSTRACT

This paper concerns stress distribution of the soft golf clubs using FEM. The identification of the stress distribution of the soft golf clubs used the finite element method using ABAQUS. The soft golf clubs which were designated is a new golf clubs to keep a good health for the elderly. To design the soft golf clubs, we concerns two main purpose ; First, our efforts concentrate to reduce the weight of the soft golf clubs. We considers the change of material and geometry of the golf club's head and shaft. Second, it is to increase the size and shape of 'sweet spot' of the soft golf club's head face. To accomplish this purpose, we made the various type of the soft golf club's head. In this paper, we simulates putter models of the soft golf clubs. The pre-processing which generates the mesh of the model used HyperMesh with geometry data by CATIA ver 5.0 This paper compares the stress distribution of putter type which was loaded.

Key Words : Soft golf clubs (소프트 골프 클럽), Stress analysis (응력해석), Finite Element Method(유한요소법), ABAQUS, HyperMesh

1. 서론

최근 국내에서 각광을 받고 있는 스포츠를 꼽으라 하면 골프를 빼놓을 수 없다. 한국갤럽에서 만 20세 이상 전국 성인 남녀 1,500명을 대상으로 골프에 관하여 1:1 면접 조사한 결과를 비교해 보면, 골프를 할 줄 아는 사람은 2000년 4.5%에서 2002년 5.2%로, 국내 골프인구는 1.3%에서 2.4%로, 남성 골프인구는 7.9%에서 8.3%로 증가하고 있다(한국갤럽, 2002) 이는 야구, 농구, 축구 등과 같은 운동은 대부분이 강인한 체력을 요구하며, 여성이나 노인들의 참여가 어렵기 때문이며, 골프가 경제적 여건이 좋아지면서 남녀노소 누구나가 평생을 즐길 수 있는 운동으로 인식되고 있기 때문이다.

현재 골프를 즐기는 사람들이 노령화 되었을 때에 종래의 골프클럽을 그대로 사용하기에는 여러 가지 문제점이 있다. 노화로 인한 노인들의 체력 저하는 완전히 예방할 수는 없지만 적절한 신체 활동과 규칙적인 운동을 통해 체력이 감소되는 속도를 늦출 수 있을 뿐 아니라 체력을 증진시킬 수도 있다. 기존의 골프클럽 헤드는 골프공의 비거리를 향상시키기 위하여 주로 금속재료를 사용하여 만들기 때문에 무게가 무겁다. 따라서 노약자나 어린이가 사용하기에 불편하며 손목이나 팔, 관절 등에 골프 볼의 임팩트 시에 전달되는 충격에 의한 부상 우려가 있다.

그러므로 노인들의 건강을 유지 증진시키기 위해서는 심·폐지구력, 유연성, 근력을 증진시킬 수 있고 인구들이 손쉽게 즐길 수 있는 골프 클럽의 개발이 필요하다. 새로운 골프클럽은 기존의 골프 클럽과 비교하여 무게가 가벼우면서도 적당한 비거리를 가져야 하기 때문에 신소재를 적용한 새로운 형태의 골프클럽 헤드 및 샤프트의 설계와 볼의 개발이 필요하다.

골프클럽의 연구로 P. Swider[1] 등은 골프클럽의 동적 거동을 실험 및 시뮬레이션을 이용하여 비교하였으며, Mather[2] 등은 임팩트 시에 골프클럽 헤드부의 동적 응답을 측정하였다. 골프클럽의 헤드부를 설계할 때에는 골퍼가 볼을 임팩트할 때 느끼는 타감이나 볼의 정확한 제어를 위해서 안정화 타점 영역을 고려해야 한다. Iwata[3] 등은 골프 클럽 헤드부의 FEM 해석을 수행하였고 Mitchell[4] 등은 CAD 데이터를 이용한 FEM 해석 결과의 유용성에 관하여 발표하였으나, 고령자를 위한 새로운 개념의 소프트 골프클럽에 관한 연구는 전무하다.

본 연구에서는 소프트 골프 클럽을 제작하기 위한 기초 연구로서 소프트 골프 클럽의 헤드부를 다양하게 설계하였으며, 이를 시험 제작하여 평가하기 전에 유한요소법을 이용하여 헤드부의 응력 분포를 파악하여 설계의 기준 자료를 얻고자 하였다.

2. 소프트 골프 클럽의 형상 설계

골프공이 날아가는 비거리를 줄일 수 있고, 노약자나 어린이가 사용하기에 편리하고, 골프채의 과도한 무게로 골프공을 타격할 때 발생하는 손목이나 팔 관절의 부상을 예방할 수 있고, 또한 미니골프장 등에서 사용할 수 있도록 한 소프트 골프클럽을 개발하기 위해서는 여러 가지 설계인자를 고려해야 한다.

소프트 골프클럽의 사용자는 주로 노령 인구이기 때문에 기존의 골프 클럽의 설계 기준과는 다르게 해야 한다. 노령인구들의 체력과 신체조건을 고려하여 설계를 하였다. 클럽 무게를 줄이기 위해서 헤드부 면을 격자모양과 줄을 이용하는 형태로 설계하였으며, 재질은 강철(steel), 알루미늄과 티타늄(titanium) 소재를 이용하였다. 헤드부의 크기는 기존의 골프클럽 헤드부에 비해서 1.5~2배로 크게 설계하였다. 노인들은 대부분이 낮은 시력을 가지고 있기 때문에 골프 볼을 정확하게 임팩트하기가 어렵기 때문이다. 헤드부의 안정화 타점 영역을 넓게 설계하였다. 골프 볼의 제어를 위해서는 안정화 타점 영역이 넓어야 유리하기 때문이다.

체력을 고려하여 적은 힘으로도 비거리를 증가시키기 위한 방법으로 무게는 가볍게 설계하였다. 또한 기존의 골프 클럽에 비해서 무게 중심을 낮게 하였으며 로프크 각(loft angle)은 크게 하였다. 또한 골프 볼의 정확한 제어를 위해서 라이각(lie angle)을 크게 하였다. 소프트 골프클럽의 설계 기준은 Table 1.에 있는 것을 기준으로 하였다.

본 연구를 위해서 위의 설계 기준을 이용하여 소프트 골프 클럽의 형상과 다양한 형태의 헤드부 형상을 CATIA V5를 이용하여 설계하였다.

Table 1. Reference of the soft golf club's design

Factor	Reference
total weight	below 300gf
head weight	below 200gf
lie angle	36
shaft weight	below 60gf
flexibility(shaft)	L, A
torque	3
club length	990mm
swing weight	D0, C4~C5

Fig. 1은 소프트 골프 클럽의 기하학적 형상을 보여준다. Fig. 2는 클럽 헤드부의 면이 격자 형상을 갖도록 하여 무게를 줄인 형태이다. Fig. 3은 우드타입의 소프트 골프 클럽의 헤드 형상을 보여준다. Fig. 4는 클럽 헤드부의 면을 테니스의 라켓에서 사용하는 형식과 유사하게 줄을 잡아매는 방법으로 설계를 하여 무게를 줄인 형태이다.

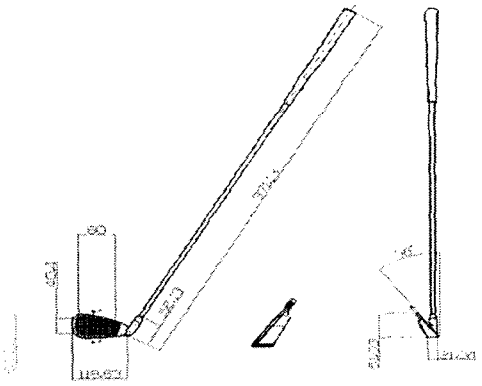

Fig.1 Total geometry of the soft golf clubs

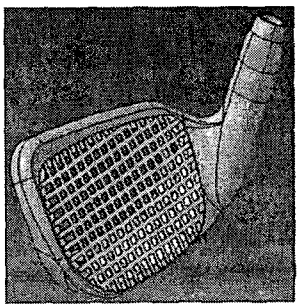

Fig.2 Grid head face of the iron soft golf club

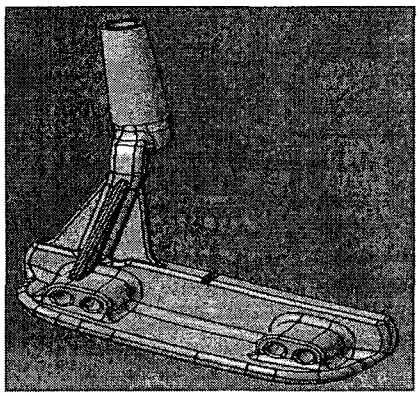

Fig.3 Putter type of the soft golf club

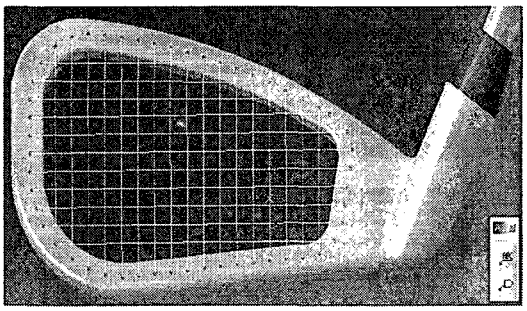

Fig.4 String head face of the iron soft golf club

3. 유한요소 해석 및 결과

설계된 골프클럽 시작품을 제작하기 전에 정확한 소프트 골프 클럽의 특성을 이해할 필요가 있다. 클럽의 무게를 줄이기 위해서 헤드부의 형상을 바꾸었을 때 클럽의 헤드부에 발생하는 응력의 분포를 확인하여 설계의 타당성을 평가하였다. 응력의 분포를 확인하기 위해서 유한요소법을 이용하였다. 유한요소 모델은 CATIA V5로 작업된 기하학적 형상을 HyperMesh를 이용하여 메쉬 작업을 하였다. 메쉬 작업을 한 후에 ABAQUS input data로 변환을 하여 유한요소 상용프로그램인 ABAQUS를 이용하여 해석하였다. 퍼터 형상에서 헤드부의 재료를 변경하였을 때 발생하는 응력의 분포를 확인하기 위해서 다양한 재료의 물성치를 입력하여 계산을 수행하였다. 헤드부에 사용된 재료는 스틸과 티타늄을 이용하였다.

Fig. 5는 퍼터타입의 소프트골프 클럽의 헤드부를 하중이 안정화 타점영역에 작용할 때 ABAQUS를 이용한 계산 결과를 나타낸 그림이다. 최대 응력의 발생이 소울(sole)부에서 발생함을 알 수 있다.

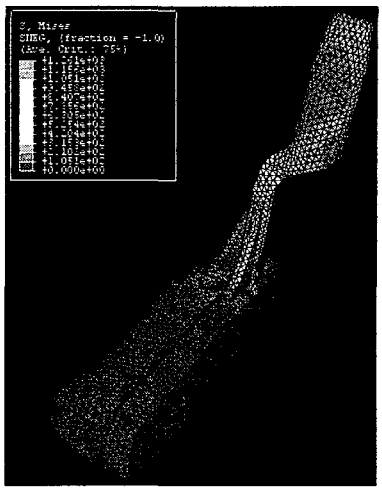

Fig.5 Stress distribution of the putter type

헤드부에 작용하는 하중은 최악조건을 기준으로 하였다. 헤드부에 가해지는 최악의 하중은 최고의 기량을 가지고 있는 프로선수가 타격을 했을 때 발생하는 값을 기준으로 하였다. 노약자들이 사용하기 때문에 작용하는 하중을 조금씩 적게 하여서 계산하였다.

Fig. 6은 타격시 안정화 타점 영역을 정확하게 타격하였다고 가정하였을 때, 하중과 재료의 변화에 따른 퍼터 형태의 응력분포를 비교한 결과이다.

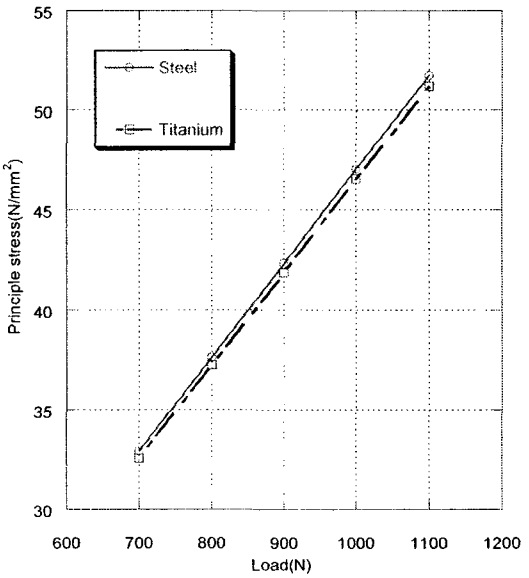

Fig. 6 Principle stress of the steel and titanium head by various load on sweet spot area

Fig. 7은 안정화 타점 영역을 벗어난 경우에 발생하는 최악의 조건을 가정하여 계산을 수행하였다. 이는 소프트 골프 클럽이 견디어 낼 수 있는 최악의 조건을 가정하여 계산하였다.

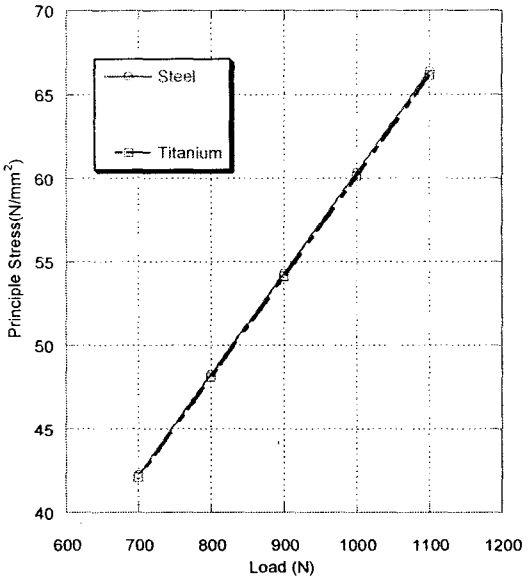

Fig. 7 Principle stress of the steel and titanium head by various load on edge area

위의 결과를 보면 동일한 하중이 작용할 때, steel에서 발생하는 주응력이 티타늄에서 발생하는 값보다 약간 크게 나타남을 알 수 있다. 그러나 차이는 거의 없다고 해도 무관할 정도이다. 클럽의 소울부위에서 발생하는 응력이 재료의 항복 응력의 범위 안에 있기 때문에 사용이 가능하지만 무게를 줄인다는 측면에서는 티타늄의 사용이 바람직하다.

4. 결 론

본 연구에서는 노약자들의 신체 조건과 체력을 고려한 새로운 개념의 소프트 골프 클럽의 개발을 최종 목표로 하기 위하여 클럽의 설계를 하였으며 설계된 클럽의 특성을 파악하기 위해서 유한요소법을 이용하여 클럽의 헤드부에 임팩트 시에 발생하는 응력 분포를 확인하여 설계의 정확성을 확인하였다. 소프트골프 클럽의 설계 기준은 크게 두 가지를 기준으로 하였다. 클럽 헤드부의 안정화타점 영역을 넓게 하였으며, 무게를 줄이기 위한 설계를 하였다.

설계된 형상을 이용하여 실제 시작품을 만들기 전에 ABAQUS를 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 임팩트 시에 가해지는 하중이 안정화타점 영역에 가해지는 경우와 헤드부의 끝단에 가해지는 경우로 나누어서 계산을 수행하였다. 계산된 결과는 강철을 사용하는 경우보다 티타늄을 사용하는 경우가 클럽의 무게를 경량화 시킬 수 있으면서도 미소한 차이로 낮은 응력 분포값을 갖는 다는 것을 알 수 있었다. 최대 응력은 클럽의 소울부에서 나타나며 이 값은 재료의 항복응력이하 이기 때문에 시작품을 만들어서 시험을 해볼 수 있다.

향후에는 격자나 줄을 이용한 헤드부의 해석을 수행해야 하며 소프트골프 클럽의 시험 평가를 위한 장비의 개발이 필요하다.

후 기

이 논문은 2005년도 교육인적자원부 지방연구중심대학육성사업 헬스케어기술개발사업단의 지원에 의하여 연구되었음.

참고문헌

1. Swider, P., Ferraris, G., and Vincent, B., "Theoretical and Experimental Dynamic Behaviour of a Golf Club Made of Composite-Matrerial," Modal Analysis : The International Journal of Analytical and Experimental Modal Analysis, 9(1), pp.57-69, 1994.
2. Mather, J. S. B, "The Role of Club Response in the Design of Current Golf Clubs," 14th International Modal Analysis Conference, Dearborn, Michigan, pp.397-403, 1996.
3. Iwata, M., Okuto, N., and Satoh, F., "Designing of Golf Club Heads by Finite Element Method(FEM) Analysis," in Science and Golf, Proceedings of the World Scientific Congress of Golf, ed. A. J. Cochran, pp.274-279, 1990.
4. Mitchell, S. Newman, S. T., Hinde, C. J., and Jones, R. K, "A Design System of Iron Golf Clubs," in Science and Golf II : Proceedings of the World Scientific Congress of Golf, eds. A. J. Cochran and M. R. Farrally, pp.390-395, 1994.
5. Altair HyperMesh Version 6.0, manual
6. ABAQUS/Standard User's manual Vol. 1, 2001